



CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITAITUBA – LTDA
FACULDADE DE ITAITUBA – FAI
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

THAÍS DE AZEVEDO FERNANDES

**DIAGNÓSTICO VISUAL DE FUNGOS LIQUENIZADOS EM QUATROS
PRAÇAS PÚBLICAS DA ZONA URBANA DE ITAITUBA-PA E A
POSSÍVEL CORRELAÇÃO À QUALIDADE DA SAÚDE AMBIENTAL.**

Itaituba – Pará

2022

THAÍS DE AZEVEDO FERNANDES

**DIAGNÓSTICO VISUAL DE FUNGOS LIQUENIZADOS EM QUATROS
PRAÇAS PÚBLICAS DA ZONA URBANA DE ITAITUBA-PA E A
POSSÍVEL CORRELAÇÃO À QUALIDADE DA SAÚDE AMBIENTAL.**

Trabalho de conclusão de Curso (TCC)
apresentado à faculdade de Itaituba para obtenção
do título de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Msc. Mara Aparecida Pereira
do Nascimento.

Itaituba – Pará

2022

FERNANDES, Thaís de Azevedo.

Diagnóstico visual de fungos liquenizados em quatros praças públicas da zona urbana de Itaituba-PA e a possível correlação à qualidade da saúde ambiental. / Itaituba – PA /. Thaís de Azevedo Fernandes. Itaituba: FAI, 2022.

65 f.: il.

Orientadora: Prof.^a Msc. Mara Aparecida Pereira do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Itaituba, 2022.

1. Liquenes. 2. Bioindicadores ambientais. 3. Praças públicas. 4. Itaituba-PA. I. NASCIMENTO, Mara Aparecida Pereira do. II. Faculdade de Itaituba. Itaituba, BR – PA, 2022.

THAÍS DE AZEVEDO FERNANDES

**DIAGNÓSTICO VISUAL DE FUNGOS LIQUENIZADOS EM QUATROS
PRAÇAS PÚBLICAS DA ZONA URBANA DE ITAITUBA-PA E A
POSSÍVEL CORRELAÇÃO À QUALIDADE DA SAÚDE AMBIENTAL.**

Trabalho de conclusão de Curso (TCC)
apresentado à faculdade de Itaituba para obtenção
do título de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Msc. Mara Aparecida Pereira
do Nascimento.

BANCA EXAMINADORA:

Presidente/orientadora: _____ Nota: _____

Prof.^a Msc. Mara Aparecida Pereira do Nascimento.

Avaliadora 1: _____ Nota: _____

_____.

Avaliadora 2: _____ Nota: _____

_____.

Resultado: _____ Média: _____

Itaituba – PA, 12 de agosto de 2022.

Dedico aos meus pais Francisco e Raimunda que me ensinaram o caminho pelo qual devo seguir, e a todos os profissionais do Ensino de Ciências.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, pelo turbilhão de moléculas que fazem ser possível minha existência.

Aos meus pais queridos e amados **Raimunda Alves de Azevedo** e **Francisco Valdines Alves Fernandes**, por terem estado ao meu lado, me apoiando e me dando forças para continuar essa caminhada. Amo vocês com todo o meu coração.

Aos meus irmãos, amigos e colegas de faculdade pela paciência e companheirismo.

A minha amiga, em particular, **Dailany de Almeida Silva**, que embarcou comigo na busca incessante pelo incrível mundo dos fungos liquenizados.

A professora Ma. **Mara Nascimento** por ter ministrado as matérias de TCC-I e TCC-II com todo seu conhecimento, sensibilidade e sabedoria, e por ter aceitado me orientar neste trabalho, contribuindo, assim, para a minha formação. Grata.

Aos meus professores do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas por toda a dedicação e oportunidade de crescimento e aprendizagem em especial, ao professor Me. **Lincoln Michalski**, pela ministração da matéria de Ecologia, qual foi o ponta pé inicial para a escolha do tema do meu Trabalho de Conclusão de Curso e,

A Dr.^a **Patrícia Jungbluth**, renomada estudiosa de Linquenologia, que atenciosamente, primeiramente via Instagram e, na sequência via e-mail, pela sua atenção e generosidade, contribuindo com matérias e norte para desenvolver este referido trabalho.

A **Faculdade de Itaituba** – FAI, por ter disponibilizado este curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas que representa mais uma contribuição para o mercado profissional do município de Itaituba.

“Nada é constante, mas muda! Toda a existência é um fluxo perpétuo de “ser e se tornar!”. Essa é a lição ampla da evolução do mundo.”

(Ernest Haeckel).

RESUMO

Este estudo tem como objetivos gerais identificar a presença de líquenes em tronco de árvores das quatro praças públicas do município de Itaituba-PA e correlacionar à qualidade da saúde no campo investigado. A principal questão norteadora desta pesquisa corresponde a: Como os líquenes figuram como bioindicadores da poluição? Para o alcance dos objetivos propostos contou-se com levantamento bibliográfico e com uma pesquisa de campo, nas mencionadas praças. Observou-se que os fungos liquenizados fazem parte da dinâmica denominada relação ecológica. Tratam-se de organismos considerados muito importantes para a cadeia alimentar, pois fazem parte de uma associação simbiótica mutualística entre fungos e algas, assim ajudando na decomposição dos organismos e também, desempenhando o papel essencial como colonizadores pioneiros do habitat, facilitando o desenvolvimento de outras espécies. Além disso, na medida em que produzem ácidos orgânicos que consomem rochas, eles progressivamente beneficiam a boa formação do solo, isso porque, produzem sais minerais. Verificou-se que os líquenes são extremamente sensíveis a alterações e poluição ambientais, razão pela qual são os melhores bioindicadores conhecidos. A presença de líquenes em um ambiente sugere baixo índice de poluição, enquanto seu desaparecimento sugere agravamento da poluição ambiental. Portanto, concluiu-se que sua presença identificada nas árvores das quatro principais praças da zona urbana do município de Itaituba, no Estado do Pará, sendo elas: a Praça do Congresso, a Praça Celso Mateus, a Praça Jardim Aeroporto e a Praça da Orla, representa indicação de boa qualidade ambiental, quanto à poluição atmosférica.

Palavras-chave: Líquenes. Bioindicadores ambientais. Praças públicas. Itaituba-PA.

ABSTRACT

This study has as general objectives to identify the presence of lichens in tree trunks in public squares in the city of Itaituba-PA and to correlate the quality of health in the investigated field. The main question guiding this research corresponds to: How do lichens appear as bioindicators of pollution? In order to reach the proposed objectives, a bibliographic survey and field research were carried out in the aforementioned squares. It was observed that lichenized fungi are part of the dynamic called ecological relationship. These are organisms considered very important for the food chain, as they are part of a mutualistic symbiotic association between fungi and algae, thus helping in the decomposition of organisms and also playing the essential role as pioneer colonizers of the habitat, facilitating the development of other species. In addition, as they produce organic acids that consume rocks, they progressively benefit the good formation of the soil, because they produce mineral salts. Lichens have been found to be extremely sensitive to environmental changes and pollution, which is why they are the best known bioindicators. The presence of lichens in an environment suggests a low level of pollution, while their disappearance suggests a worsening of environmental pollution. Therefore, it was concluded that its presence identified in the trees of the main squares of the urban area of the municipality of Itaituba, in the State of Pará, namely: Praça do Congresso, Praça Celso Mateus, Praça Jardim Aeroporto and Praça da Orla, represents an indication of good environmental quality in terms of atmospheric pollution.

Keywords: Lichens. Environmental bioindicators. Public squares. Itaituba-PA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1: Os principais níveis de organização da vida	16
Ilustração 2: Exemplos de mutualismo.....	21
Ilustração 3: Quadro demonstrativo dos tipos de relação mutualista.....	22
Ilustração 4: Filo Zygomycota, Zigósporo, esporo sexual de resistência.....	25
Ilustração 5: Basidiomycota e Tylopilus	25
Ilustração 6: Ascomycota: Xylaria e Phillipsia.....	26
Ilustração 7: Associação simbiótica entre fungos e algas.....	26
Ilustração 8: Líquenes fruticulosos do gênero Usnea sobre córtex de árvore	29
Ilustração 9: Líquenes fruticulosos semelhante a uma cabeleira.....	29
Ilustração 10: Líquenes crostosos sobre rocha e sobre córtex de árvore	30
Ilustração 11: Aspecto de crosta dos líquens crostosos.....	31
Ilustração 12: Líquens crostosos fixados em rocha	31
Ilustração 13: Líquens foliosos no córtex de árvore	32
Ilustração 14: Líquens folioso.....	32
Ilustração 15: Líquenes foliosos (Parmotrema tinctorum e Rimelia cetrata)	33
Ilustração 16: Mapa de localização do município de Itaituba-PA	39
Ilustração 17: Frente da cidade de Itaituba-PA.....	40
Ilustração 18: Foto da Praça do Congresso	48
Ilustração 19: Foto de Líquens foliosos na Praça do Congresso (ITB-PA)	49
Ilustração 20: Líquens encontrados em córtex da árvore de tamarindo.....	50
Ilustração 21: Foto da praça Celso Mateus	51
Ilustração 22: Líquen folioso, na praça Celso Mateus (ITB-PA)	51
Ilustração 23: Líquen crostoso na praça Celso Mateus (ITB-PA)	52
Ilustração 24: Praça da orla (ITB-PA).....	52
Ilustração 25: Líquenes Crustáceos.....	53
Ilustração 26: Foto da praça Celso Mateus (ITB-PA)	54
Ilustração 27: Líquen do tipo folioso, na praça Celso Mateus (ITB-PA)	55
Ilustração 28: Líquen crostoso na praça Celso Mateus (ITB-PA)	56
Ilustração 29: Praça Jardim Aeroporto (ITB-PA)	57
Ilustração 30: Líquenes crostosos na praça Jardim Aeroporto (ITB-PA).....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 ECOLOGIA: HISTÓRICO EVOLUTIVO	12
2.1.1 Ecologia: aspectos etimológicos e conceituais	15
2.1.2 As relações interdisciplinares da Ecologia	17
2.1.3 Subdivisões da Ecologia	18
2.2 RELAÇÕES ECOLÓGICAS: O MUTUALISMO	20
2.2.1 Algas e fungos: uma perfeita relação ecológica mutualista	23
2.3 FUNGOS LIUENIZADOS (LIQUENS)	27
2.3.1 Aspectos tipológicos dos líquenes	28
2.4 HISTÓRIA DA LIQUENOLOGIA	33
2.4.1 A Liquenologia no Brasil	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 A CONCEPÇÃO GERAL SOBRE METODOLOGIA	38
3.1.1 A metodologia quanto à natureza e aos objetivos da pesquisa	38
3.1.2 Quanto aos procedimentos técnicos	38
3.2 LOCAL DO ESTUDO.....	39
3.3 QUANTO À COLETA E À ANÁLISE DE DADOS	40
3.3.1 A fotografia como instrumento de registro dos dados	40
3.3.2 As abordagens para a análise dos dados	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 OS LIQUENS COMO BIODINCADORES DE POLUIÇÃO.....	42
4.2 IDENTIFICANDO LIQUENES EM PRAÇAS DE ITAITUBA-PA.....	45
4.2.1 O biólogo em campo de pesquisa.....	45
4.2.2 Apresentação e análise dos dados coletados	47
5 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A geração do conhecimento científico no ambiente acadêmico é um processo integrado que envolve várias etapas, tais como a observação de fenômenos naturais, elaboração de hipóteses, definição de objetivos, amostragem, análise de dados, interpretação e, por fim, divulgação (RIOS, 2006).

Nesse sentido, este estudo tem como objetivos gerais: identificar a presença de líquenes em tronco de árvores de praças públicas do município de Itaituba-PA e correlacionar à qualidade da saúde no campo investigado. Os objetivos específicos compreendem a buscar apontamentos teóricos quanto a: relação ecológica mutualística simbiótica entre os fungos e as algas, o que dá origem aos líquenes, pontuar o papel da relação ecológica mutualística dentro de um habitat, trazer informações gerais sobre os líquenes, apontando as características desses indivíduos, levando em consideração os fatores ambientais, buscar a interação de informações quanto ao histórico evolutivo da Liquenologia.

Os fungos liquenizados são seres considerados muito importantes para a cadeia alimentar, pois fazem parte de uma associação simbiótica mutualística entre fungos e algas, assim ajudando na decomposição dos organismos e também desempenhando papéis essenciais como colonizadores pioneiros do habitat, facilitando o desenvolvimento de outras espécies. Eles são denominados como os melhores bioindicadores de poluição. No entanto, observa-se total escassez de estudos direcionados ao assunto. Portanto, a principal questão norteadora desta pesquisa corresponde a: Como os líquenes figuram como bioindicadores da poluição?

Mediante o exposto, justifica-se o presente estudo como relevante e pertinente para a área de Ciências Biológicas, contribuindo com a disseminação de conhecimentos para a comunidade acadêmica, visto que, os assuntos relacionados à Ecologia proporcionam um aprendizado multidisciplinar sobre os fenômenos naturais e o bem estar do homem.

Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, de caráter exploratório/descritivo e quanto aos procedimentos técnicos: levantamento bibliográfico e uma pesquisa de campo. A pesquisa bibliográfica contou com as seguintes principais consultas: Honda (1998), Coelho (2000), Purvis (2000), Valencia

e Ceballos (2002), Harper (2007), Martins, Käffer e Lemos (2008), Diniz (2012), Hanazaki (2013) e Bonilla (2015).

A estrutura deste TCC consiste em cinco partes, sendo a primeira essa introdução apresentando, principalmente, a problematização motivadora da escolha do tema, os objetivos propostos e a relevância da pesquisa para o âmbito acadêmico da área. A segunda sessão dedica-se a um embasamento teórico, abordando apontamentos sobre Ecologia, relações ecológicas e sobre os líquenes.

A terceira sessão detalha a metodologia utilizada. Os resultados e discussões, a quarta sessão trata-se da apresentação da pesquisa de campo proposta, tendo início com explanação sobre os líquens como bioindicadores da qualidade do ar. Na sequência, discorre-se sobre a importância da pesquisa de campo para o universo da biologia, seguido da apresentação e análise dos dados coletados em campo, especificamente, evidenciando a possível presença de diversidades de líquenes e a sua relação com a qualidade do ar. Finaliza-se com a conclusão do estudo e com a apresentação das referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ECOLOGIA: HISTÓRICO EVOLUTIVO

A história da Ecologia tem início nas sociedades primitivas voltada para a alimentação, ou seja, a caça de animais, coleta de vegetais evoluindo para a Agricultura. O conhecimento para a utilização dos recursos do ambiente pelos ancestrais, desde os primórdios, foi condição fundamental para a sobrevivência da espécie humana, pois já se fazia associações entre o clima e as plantas (HANAZAKI, 2013).

Da Grécia antiga encontram-se obras de natureza ecológica, trazendo a compreensão do ambiente de forma integrada, como o filósofo clássico Hipócrates e Aristóteles, um verdadeiro naturalista, tendo como seu sucessor, Theophrastus, quem começou o estudo sistemático e formal do ambiente. Os Egípcios e os Babilônicos aplicaram métodos ecológicos para combater pragas que assolavam suas culturas de cereais (ODUM, 2013).

Entre os séculos XVIII e XIX, surgiram muitos estudos sobre a Ecologia, citando-se da tradição de historiadores naturais como Buffon, Lineu, Darwin, Wallace, Humboldt, entre outros e, no mesmo período, surgiram obras de grande importância para a formação da Ecologia, como os estudos de Malthus sobre crescimento populacional e demografia (HANAZAKI, 2013).

A Ecologia recebeu, desde seu início, grande influência da história natural. O naturalista Charles Darwin (1809 - 1882) é mundialmente conhecido por sua obra “A Origem das espécies”, fruto de suas observações a bordo de um navio, ressaltando-se que Darwin demorou mais de vinte anos para publicar seu primeiro manuscrito sobre a seleção natural. Contemporâneo a Darwin, Alfred Russel Wallace (1823 - 1913), também naturalista, concebia a ideia de seleção natural, com base observações e coletas de espécies na Malásia e na América do Sul (HANAZAKI, 2013, p. 13).

O processo de construção da Ecologia como ciência continuou no século XX. Em 1905, o norte-americano Frederick Edward Clements (1874-1945), um ecologista vegetal, publicou o livro “Métodos de Pesquisa em Ecologia”, amplamente recebido pelo mundo Anglo-saxão, espalhando a noção de ecologia (GROENING, 2001).

A Ecologia só foi considerada como uma ciência a partir de 1900, mas até 1960 não era valorizada pela sociedade, pois a preocupação com o estudo da natureza era secundária, sendo que seus pesquisadores naturalistas somente tinham como principal tarefa o inventário de plantas e animais (NUCCI, 2007).

A visão integradora e de relações de interpretação da natureza, destacou-se em 1805 com a descrição formal das relações entre clima, latitude e altitude, o que levou ao conceito de geobotânica, como objeto o estudo das relações das plantas com o ambiente (NUCCI, 2007).

Com o passar do tempo, além dos recursos para a alimentação, foi se fazendo cada vez mais necessários os recursos naturais, o que aponta para o necessário conhecimento do meio ambiente, promovendo-se a Ecologia de enorme relevância. Vale ressaltar aqui que existem basicamente três tipos de recursos naturais: os renováveis (animais e vegetais); os não-renováveis (minerais e fósseis) e os recursos livres (ar, água, luz solar entre outros elementos de grande abundância) (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2011).

O movimento ecológico reconhece os recursos naturais como a base da sobrevivência das espécies e defende garantias de reprodução dos recursos renováveis e de preservação das reservas de recursos não-renováveis (NUCCI, 2007).

Em 1942, a Ecologia moderna atingiu a maioria com o desenvolvimento do conceito trófico-dinâmico de ecologia, que detalha o fluxo da energia através do ecossistema. Informa conforme Coelho (2000) que os ecossistemas são constituídos, essencialmente, por três componentes:

- **Abióticos** – que em conjunto constituem o biótopo: ambiente físico e fatores químicos e físicos. A radiação solar é um dos principais fatores físicos dos ecossistemas terrestres, pois é através dela que as plantas realizam fotossíntese, liberando oxigênio para a atmosfera e transformando a energia luminosa em química.

- **Bióticos** - representados pelos seres vivos que compõem a comunidade biótica ou biocenoses. Compreendendo os organismos heterótrofos dependentes da matéria orgânica e os autotróficos responsáveis pela produção primária, ou seja, a fixação do CO₂.

- **Energia** – caracterizada pela força motriz que aporta nos diversos ambientes e garante as condições necessárias para a produção primária em um ambiente, ou seja, a produção de biomassa a partir de componentes inorgânicos.

Em 1953, Odum publicou um livro chamado “Fundamentos de Ecologia”, que influenciou diversas gerações de ecólogos. Antes de Odum, a Ecologia tinha sido estudada basicamente dentro de disciplinas individuais. Odum defendeu a Ecologia como uma nova ciência integrativa, e ficou conhecido como o “pai da ecologia de ecossistemas moderna” (HANAZAKI, 2013, p. 4). Observa-se uma linha de tempo evolutiva:

- **1934:** primeira Conferência Brasileira de Proteção à Natureza, realizada no Museu Nacional, no Rio de Janeiro.
- **1935:** é cunhado o termo Ecossistema para incluir os organismos e todos os fatores abióticos do habitat, por Arthur G. Tansley.
- **1937:** criação do primeiro parque nacional brasileiro, na região de Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro.
- **1942:** a ideia do ecossistema como um sistema transformador de energia, introduzida por Raymond Lindeman, fornecendo uma notação formal para o fluxo nos níveis tróficos e eficiência ecológica.
- **Durante as décadas de 1950 a 1960:** o estudo da energética dos ecossistemas para descrever a estrutura e a função do ecossistema, foi o principal enfoque da Ecologia.
- **1992:** 178 países participaram da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o desenvolvimento, com a aprovação de documentos importantes para a conservação da do Clima e da natureza, como a Convenção da Biodiversidade e a Declaração de Princípios das Florestas e a Agenda 21.

Conforme Nucci (2007), a ecologia passou a ter destaque a partir do século XX, já evidenciando que a maioria dos problemas que o homem enfrenta, tais como crescimento populacional, poluição ambiental, fome e todos os dilemas sociológicos e políticos atuais, são em grande parte de cunho ecológico. No século XXI, a Ecologia é questão central política, social e humana, compreendendo-se que o

estudo da Ecologia é fundamental para a compreensão dos problemas gerais das sociedades.

2.1.1 Ecologia: aspectos etimológicos e conceituais

A palavra Ecologia deriva do grego (Oikos= casa e Logos= estudo), que significa o estudo da casa. Mais especificamente, A palavra é derivada dos termos gregos “Oikos”, significando “casa” ou “lugar onde se vive”, e “logos”, significando “estudo”. Assim, a Ecologia pode ser compreendida como o estudo do “lugar onde se vive”, com ênfase sobre “a totalidade ou padrão de relações entre os organismos e o seu ambiente”. Com o desenvolvimento da ciência da Ecologia, surgiram outras definições. Em 1927, Charles Elton definiu a ecologia como a história natural científica (HANAZAKI, 2013).

O termo ecologia foi utilizado pela primeira em meados do século XIX, pelo biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919), em sua obra “*Generelle Morphologie der Organismen*” que descreve a ecologia, como o “ estudo das relações totais da fauna tanto no seu ambiente orgânico e inorgânico, e em específico, o estudo das relações positivas e negativas, entre a fauna e a flora no seu habitat natural (BONILLA; LUCENA, 2015).

O termo ecologia compreende o estudo científico das interações entre organismos e seus ambientes orgânico e inorgânico. No decorrer dos séculos a palavra ecologia foi modificada seu sentido por diversos autores, como Charles Elton, Arthur Tansley, Raymond Lindeman, Eugene P. Odum. Porém existe uma definição que passou a ser aceita nos dias atuais, que foi a de Charles J. Krebs, que define a Ecologia como a ciência ou estudo científico da simbiose que determina a distribuição e exuberância dos seres vivos (HANAZAKI, et al., 2013).

Amabis e Martho (2010) pontuam que a Ecologia por ser uma ciência multidisciplinar, envolve não só a biologia, física, química, ciências sociais e econômicas, para poder compreender a profundidade da relação entre os humanos, os seres vivos e a universo. Esta ciência é o estudo do local onde se vive e que inclui todos os seres vivos e os fatores ambientais que o tornam propício para se habitar (ODUM, 2013).

Eugene Odum, considerado um dos ecólogos mais influentes do século XX, definiu a Ecologia como o estudo das relações dos organismos ou grupos de

organismos, com o seu ambiente, a ciência das inter-relações que ligam os organismos vivos ao seu ambiente. Sob esse enfoque, a Ecologia compreende o estudo das relações entre os organismos e a totalidade dos fatores físicos, químicos e biológicos que afetam ou são afetados por eles, buscando compreender como o organismo afeta seu ambiente e como este, por sua vez, afeta o organismo (HANAZAKI, 2013).

A Ecologia é a parte da Biologia que estuda as inter-relações e formas de organizações eminentes aos seres vivos. Por exemplo, o conjunto de indivíduos que habitam uma determinada área forma uma população e essas populações compõem as comunidades ou biocenoses. Os organismos que constituem as comunidades enfrentam diversos fatores físicos ou biótopos, como luz, umidade e temperatura. Essas interações dos organismos com o biótopo formam um ecossistema. Os conjuntos de ecossistemas formam a biosfera, que é toda parte da terra em que existe vida (LINHARES, 1983).

Segundo Hanazaki (2013), os ecólogos constroem modelos da realidade que geram previsões sobre o que acontece na natureza. A grande complexidade dos sistemas ecológicos requer o uso de modelos gráficos e matemáticos, de modo que os ecólogos geralmente necessitam tanto da Matemática quanto da Biologia. Cada nível depende de fatores abióticos, como matéria, energia, clima, luz e umidade, conforme a ilustração seguinte:

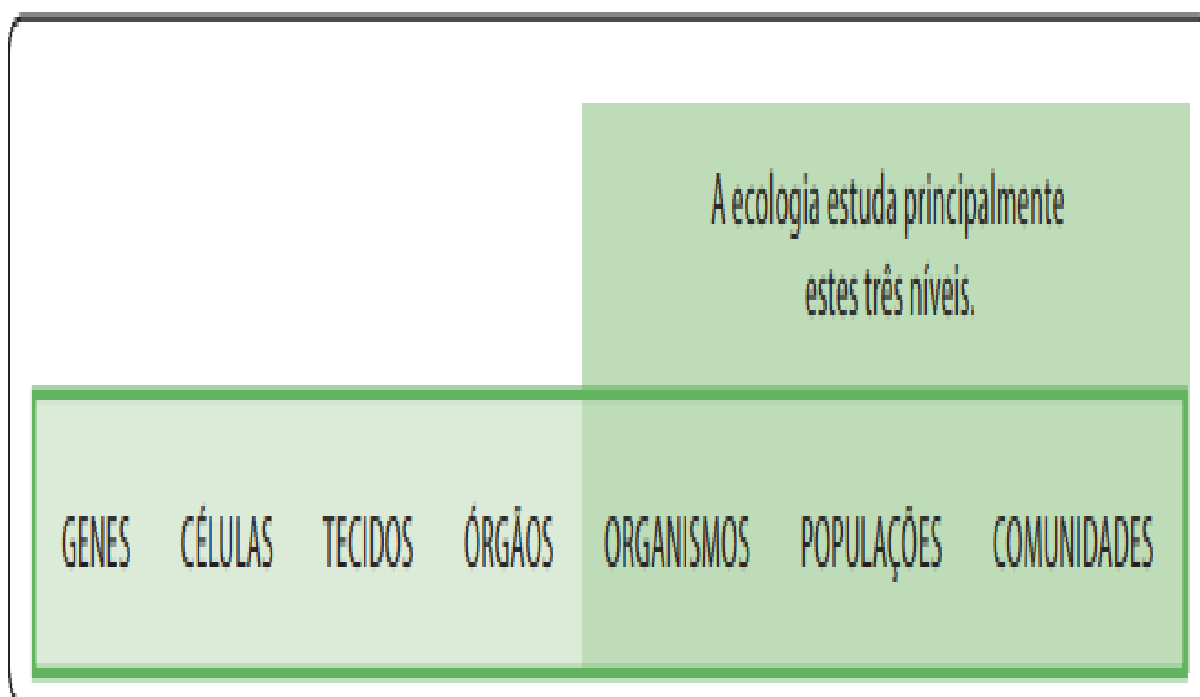


Ilustração 1: Os principais níveis de organização da vida. Fonte: Hanazaki (2013).

Elton (1927) definiu Ecologia como História Natural Científica, preocupada com a sociologia e a ecologia dos animais. Odum, (1963) postulou que Ecologia é o estudo da estrutura e função dos Ecossistemas. Krebs (1972) conceituou Ecologia como o estudo científico das interações que determinam a distribuição e abundância dos organismos. Ricklefs (1980) esclareceu que a Ecologia estuda o meio ambiente enfocando as interações entre os organismos e o meio circundante (HANAZAKI, 2013).

Segundo Cain e Bookman e Hacker (2011), as definições mais aceitas são as de Haeckel e Krebs, sendo que a de Haeckel deu início a definição de Ecologia, enquanto que, a de Krebs é considerada mais completa e científica, sendo assim todas as outras definições que já surgiram são variações dessas duas.

2.1.2 As relações interdisciplinares da Ecologia

A Ecologia se diferencia de outras ciências que dividem seu campo de trabalho, isso porque, ela é uma ciência de síntese, de confluência de diferentes disciplinas. Quatro disciplinas que guardam uma relação direta com essa ciência são a genética, a evolução, a fisiologia e a etologia (LINHARES, 1983).

Ecologia é a ciência que estuda as interações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente. A Ecologia é fundamentalmente uma integração, tanto dos seres vivos entre si e com o ambiente, quanto integração dos conhecimentos de várias disciplinas envolvidas no seu estudo (NUCCI, 2007).

Conforme esclarece Groening (2001), a Ecologia é o resultado da confluência da Biologia com a Física, a Química, a Matemática e a Geografia, originando várias áreas científicas afins, tais como:

Engenharia Ambiental: estuda o impacto, no meio ambiente, das obras de engenharia e como minimizá-lo.

Bioenergética: estuda os mecanismos biológicos geradores e transformadores de energia, bem como o fluxo da energia no ecossistema.

Biogeoquímica: estuda principalmente os ciclos dos nutrientes na natureza.

Demografia: estuda as populações no seu aspecto quantitativo (matemático) e suas variações numéricas.

Biogeografia: estuda os aspectos geográficos da distribuição e dispersão dos organismos.

Para delimitar a ecologia, a mesma é dividida em diferentes níveis de organização, onde variam hierarquicamente do menor para o maior. No âmbito mais restrito da Biologia, a Ecologia representa o encontro de quatro áreas: Fisiologia, Genética, Evolução e Etologia. Estas quatro disciplinas guarda uma relação mais direta com a Ecologia, direta com essa ciência são a genética, a evolução, a fisiologia e a etologia (HANAZAKI, 2013).

Hoje em dia a Ecologia é uma ciência imensamente vasta, que abrange uma finidade de subdivisões, tais como: Ecologia de Populações, Ecologia Animal, Ecologia Vegetal, Modelagem Ecológica, Macroecologia, Ecologia da Paisagem, Ecologia Humana, Limnologia, Ecologia Marinha, entre outras.

2.1.3 Subdivisões da Ecologia

Conforme Coelho (2000) a ecologia adota várias subdivisões para o melhor entendimento do seu estudo, tais como, espécie, ecótipo, população, comunidade, habitat, nicho ecológico, nicho espacial, nicho trófico e nicho hipervolumétrico. Segue o conceito de cada uma delas:

Espécie: conjuntos de indivíduos capazes de gerar descendentes férteis, eventualmente, mais especificamente, grupo de indivíduos de populações naturais intercruzantes, onde ocorrerá o processo de reprodução isolado de outros grupos semelhantes, levando em consideração as barreiras geográficas (COELHO, 2000).

Ecótipo (raças ecológicas): é o resultante de uma adaptação muito estreita que acontece na planta em relação ao ambiente local. Em geral a deriva genética (confira mais abaixo a definição desse termo) pode ser um dos principais agentes de seleção e o que tem mais importância. Frequentemente os ecótipos mantêm as suas características peculiares mesmo quando são transportados para outros ambientes. Esse fato é que torna mais certo para os estudiosos que os ecótipos têm um forte comando genético e este comando é que o torna possível a origem desse tipo de vida (ODUM, 1988).

Moreira (2014) vem esclarecer que para a Genecologia, o ecótipo é um tipo de morfologia estandardizada que faz associação com um tipo de habitat. Dessa forma, existem inúmeros tipos de ecótipos e eles podem acontecer em grupos botânicos sem nenhuma ligação entre si. Trata-se de uma adaptação que a natureza

realiza para garantir que mais espécies possam sobreviver, mesmo que o solo não seja muito fértil ou as temperaturas sejam muito elevadas.

População: em Ecologia, pode ser definida como um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que vive em uma determinada área em um dado período de tempo. Os indivíduos de uma população apresentam maior probabilidade de cruzamento entre si do que com organismos de outra população da mesma espécie (COELHO, 2000).

Comunidade: grupo de diferentes populações que vivem em um mesmo local em um determinado período de tempo. Essas populações de uma comunidade interagem entre si por meio das relações ecológicas, que podem ser positivas, trazendo benefícios para os envolvidos, ou negativas, desencadeando prejuízo para pelo menos um dos envolvidos (MOREIRA, 2014).

Coelho (2000) exemplifica comunidade considerando o Pantanal, onde verifica-se comunidades formadas por jacarés, capivaras, tuiuiús, outras espécies de animais e algumas de plantas e todos esses organismos encontram-se em uma mesma área e relacionam-se entre si e, portanto, representando uma complexa comunidade.

Habitat: local onde as espécies residem. Neste ambiente esses seres vivos microscópicos e macroscópicos encontrarão além de um local para ficarem, eventos físicos como, sol, chuva, tempestades e também possíveis ameaças biológicas (CÉSAR; SEZAR; CALDINI, 2011).

Nicho ecológico: O conceito de nicho ecológico foi popularizado em 1957, quando foi definido como um hipervolume com multidimensões, onde cada dimensão corresponde a condições ambientais distintas que definem os limites ambientais onde a espécie persiste (ODUM, 1988).

Bizzo (2011) frisa que o nicho ecológico nada mais é que os múltiplos papéis ou funções que uma determinada espécie desenvolve dentro do habitat, levando em consideração seu ciclo de vida, suas demandas produtivas, e necessidades nutricionais em geral. É o papel no qual uma determinada espécie desempenha no habitat. É a função ou tarefa que a mesma desenvolve no ambiente.

Nicho espacial (micro habitat): pode ser definido como todo o espaço físico que uma espécie específica ocupa (GRINNELL, 1917).

Nicho trófico: é a categoria na qual um determinado organismo está dentro da cadeia alimentar, como por exemplo, produtor, herbívoro e carnívoro (ELTON, 1927 *apud* HANAZAKI, 2013).

Nicho Hipervolumetrico: o nicho hipervolumetrico é a posição de um determinado ser vivo dentro do nível ambiental. Entretanto, compreende não só as circunstâncias ecossistêmicas, como também as interações bióticas (HUTCHINSON 1957).

Falar em nicho ecológico é estar descrevendo o modo de vida de um ser vivo, suas relações com o ambiente, sua alimentação, seu tipo de reprodução, seus hábitos, seus predadores naturais, suas estratégias para sobrevivência, sua forma de predação etc. Resumindo, o nicho pode ser definido como o papel ecológico de uma espécie em determinada comunidade.

2.2 RELAÇÕES ECOLÓGICAS: O MUTUALISMO

As relações ecológicas intraespecíficas ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, enquanto que a relação ecológica interespecífica ocorre entre indivíduos de espécies diferentes. É denominada relação ecológica harmônica quando nenhum dos organismos envolvidos é prejudicado na interação, e desarmônica, quando há prejuízo para, pelo menos, um dos envolvidos (ARAGUAIA, 2021).

Segundo Lay-Ang (2017) as relações intraespecíficas podem ser divididas em dois tipos: harmônica e desarmônica. A relação harmônica é quando nenhum dos seres-vivos sofre prejuízo. Ao contrário da desarmônica que pelo menos um dos seres sofrem prejuízo na interação.

De acordo com Pianka (1982), os principais tipos de relações interespecíficas existentes são: predação, competição, herbivoria, parasitismo, neutralismo, comensalismo, amensalismo, protocooperação, inquilinismo e mutualismo. Portanto, comensalismo e mutualismo são exemplos de relações interespecíficas harmônicas, enquanto predação, parasitismo, amensalismo e competição interespecífica exemplificam relações desarmônicas.

As relações ecológicas mutualísticas correspondem a uma interação onde as populações de seres vivos distintas, vivem obrigatoriamente e ambas são favorecidas. Sendo assim essas populações não conseguem sobreviver e nem se desenvolver em condições naturais sem a outra (ODUM, 2013).

Como o mutualismo é uma relação na qual indivíduos de espécies diferentes interagem em seu benefício mútuo, nesse tipo de relação há troca de serviços, como por exemplo, o alimento a defesa contra predadores e também transporte (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

O mutualismo é uma interação obrigatória onde não precisa envolver uma associação física próxima e, segundo Herre e West (1997) o mutualismo é visto como uma relação onde há uma exploração recíproca, nesse caso cada ser envolvido é um favorecido líquido.

Existem diferentes tipos de mutualismo. Geralmente, classificados em dois tipos: obrigatório (a relação entre os indivíduos é obrigatória para a sobrevivência de pelo menos um dos envolvidos) e facultativo (os participantes da interação podem viver de maneira independente). Observa-se a ilustração diferentes tipos de mutualismo:

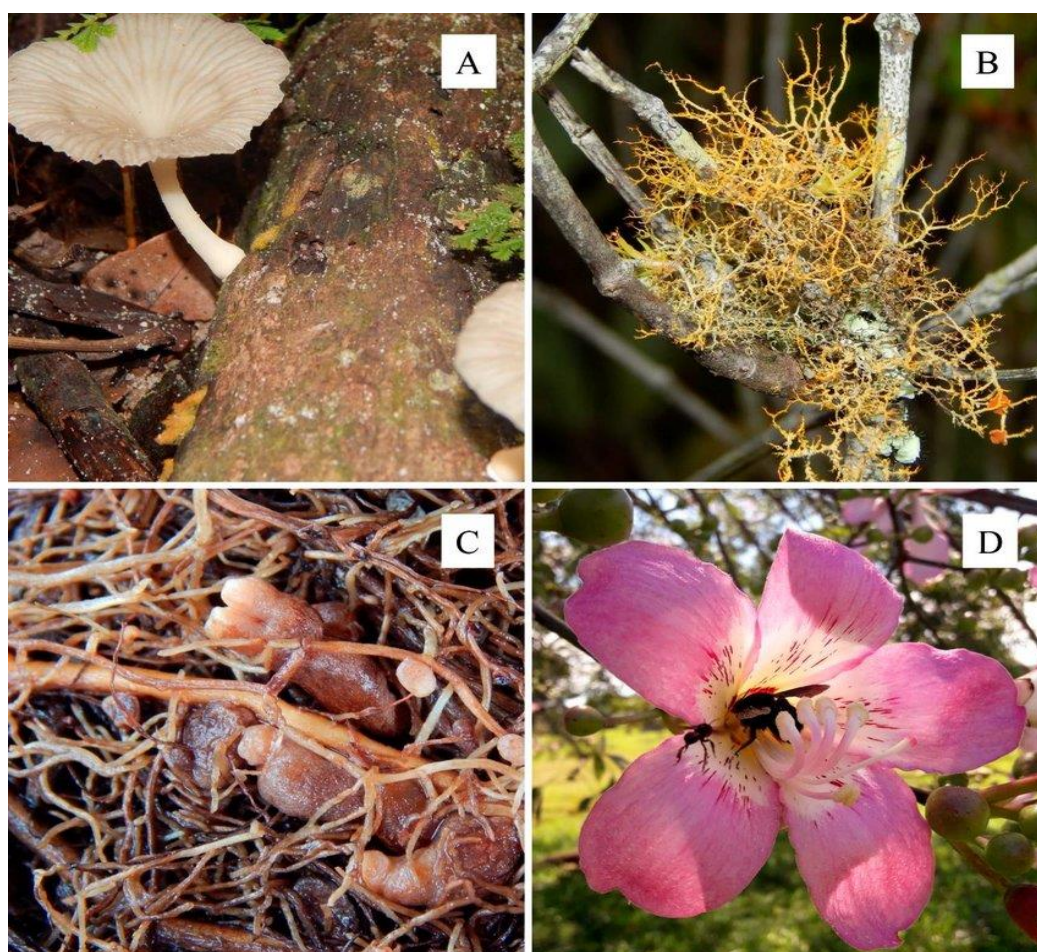


Ilustração 2: Exemplos de mutualismo.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/mutualismo.htm> (2022).

No entanto, mutualismo pode ser ainda classificado em defensivo (um dos envolvidos proporciona proteção ao outro indivíduo, enquanto o indivíduo protegido, geralmente, fornece alimento), trófico (cada organismo é responsável por fornecer um importante nutriente ao outro) e dispersivo (interação entre plantas e animais, em que os animais atuam dispersando sementes ou transportando pólen e ganham em troca alimento, como néctar e fruto) (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Observa-se o quadro demonstrativo:

Tipos	Características	Exemplos
Obrigatório	Relação em que os indivíduos apresentam uma relação obrigatória que se for interrompida, pelo menos um dos envolvidos pode não sobreviver.	Líquen
Facultativo	Relação em que os participantes se beneficiam, porém, podem viver de modo independente.	Interação entre o caranguejo-eremita e a anêmona-do-mar.
Trófico	Relação em que os envolvidos fornecem nutrientes específicos um ao outro.	Líquen e micorrizas.
Defensivo	Relação em que um dos envolvidos promove a defesa do outro e recebe alimento deste.	Interação entre formigas e acácias.
Dispersivo	Relação estabelecida entre animais e plantas, em que o animal garante o transporte de pólen ou da semente e recebe em troca alimento.	Interação entre aves e algumas plantas com frutos.

Ilustração 3: Quadro demonstrativo dos tipos de relação mutualista. Fonte: Santos (2021).

Mutualismo e protocooperação: o termo protocooperação é utilizado por alguns autores para indicar uma relação ecológica em que indivíduos de espécies diferentes associam-se de modo que ambos são beneficiados, porém essa relação não é obrigatória para a sobrevivência dos envolvidos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Alguns autores, no entanto, preferem utilizar a expressão

mutualismo facultativo em substituição ao termo protocooperação, tratando-se, portanto, de dois conceitos relacionados a mesma relação ecológica.

Conforme Herre e West (1997) as bactérias do gênero *Rhizobium* apresentam uma relação mutualística com plantas da família das leguminosas. Nessa relação, a bactéria fornece à planta nitrogênio e a planta fornece à bactéria os carboidratos necessários para seu desenvolvimento. No caso das micorrizas, temos uma associação entre fungos e raízes de vegetais. Os fungos, nesse caso, ajudam a melhorar a transferência de minerais para as plantas e as plantas fornecem nutrientes orgânicos para o fungo.

2.2.1 Algas e fungos: uma perfeita relação ecológica mutualista

As algas - o nome alga ou algae apareceu pela primeira vez em 1753, através de Linnaeus. O termo “algae”, era bastante utilizado pelos romanos para designar alguns tipos de plantas que são compostas por raiz, caule e folhas e que possuíam uma coloração parda (BICUDO; MENEZES, 2010).

Assim como os fungos, as algas podem ser aquáticas ou terrestres. As algas são organismos que não possuem uma origem monofilética, compostas por um grupo de organismos com uma imensa diversidade de forma, funções e estratégias de sobrevivência, que inclui formas procarióticas (ausência de membrana envolvendo o núcleo e organelas celulares), que são representadas pelas cianobactérias. Ao comparar as algas com outros grupos fotossintetizantes, as mesmas apresentam morfologia simples, com níveis baixos de diferenciação (BICUDO; MENEZES, 2010).

Em relação à reprodução das algas constituem três processos básicos: processo vegetativo, processo assexuado e processo sexuado, conforme Lee (2008):

- **Processo vegetativo:** a divisão ocorre somente por mitose, dessa forma não haverá alteração no número de cromossomos.
- **Processo assexuado:** há formação de células especializadas e os esporos podem ser móveis (zoósporos) ou não (aplanósporos). Esses esporos não tem caráter sexual, formados no interior dos esporângios, através das

divisões mitóticas que dão origem a novos indivíduos, como por exemplo, a *cloríficea Ultothrix*.

- **Processo sexuado:** ocorre com a fusão de gametas com formação de zigoto e embrião. Os gametas são formados nos gametângios masculinos os anterídios ou espermatângios (rodofíceas) e o feminino o oogônio (rodofíceas).

Segundo Richardson (1988), a parede celular da alga (fotobionte), quando liquenizado, torna-se poroso e suscetível a eliminação de carboidratos. Dessa forma o micobionte tira proveito do fotobionte.

Corroborando Farsante (2006) comentando que, assim como os fungos, as algas podem ser aquáticas ou terrestres, podendo ser encontradas tanto em mares como em solos terrestres, desde que seja em locais úmidos, como tronco de árvores.

De acordo com Berg (2008), as algas verdes (*Chlorophyta*) estão associadas às plantas terrestres, devido à clorofila, que é a pigmentação que dá origem a cor verde. Ressalta-se que as algas verdes consistem em uma eminente maleabilidade metabólica e na sua evolução.

O reino dos fungos - Os fungos são organismos heterotróficos e eucarióticos, que estão agrupados no Reino Fungi. Esses organismos surgiram de um ancestral protista unicelular que possuía flagelos. Eles não são capazes de produzir seu alimento e também não possuem clorofila, necessitando de matéria orgânica de outros seres para poderem se alimentar (SADAVA, *et al.*, 2009).

Segundo Raven, Evert e Eichhorn (1996), os fungos e as bactérias são considerados os decompositores da biosfera. Nesse processo de decomposição há uma liberação de gás carbônico, que promove a degradação de matéria orgânica, e assim transformando-a em nutrientes para os animais e plantas.

De acordo com Margulis e Schwartz (2001), o sistema molecular, o Reino Fungi, pode ser classificado em três principais filos: Zygomycota ou Zigomicetos - formado pelos fungos terrestres. Basidiomycota ou Basidiomicetos - agrupa os cogumelos, ferrugens e fungos gelatinosos. Ascomycota ou Ascomicetos – constituído pelas leveduras, fungos azulesverdeados, trufas, líquens e os antigos deuteromiceto.

A reprodução dos líquens ocorre de forma assexuada. Observa-se na gravura um esporo sexual do filo Zygomycota, ampliado 100X sob microscópio ótico:

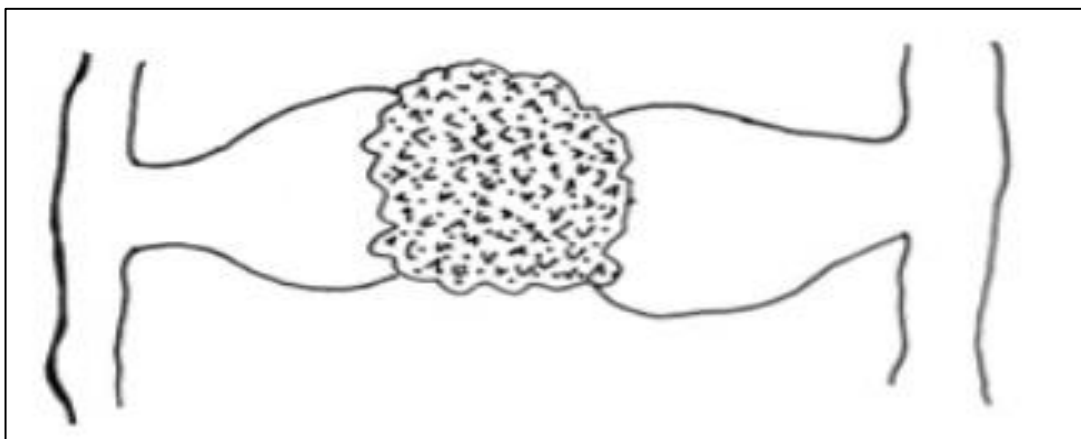


Ilustração 4: Filo Zygomycota, Zigósporo, esporo sexual de resistência. Fonte: Neves (2011).

Destaca-se a reprodução por fragmentação, pela produção de esporos, por sorédios e por isídios. Essa última estrutura pode ser definida como uma projeção do talo; já os sorédios constituem uma estrutura formada por algas envoltas por hifas dos fungos (GUERRA, et al. 2011).

Em suma: conforme mencionado, os líquens se reproduzem de forma assexuada, esporos dos fungos, tal como pedaços do seu talo, podem ser transportados pelo vento ou pela chuva e ao encontrar as condições necessárias para que comecem a desenvolver, os esporos germinam.

Segundo Santos (2015), os fungos pertencentes a filo Basidiomycota são seres que podem se desenvolver em todas as partes do planeta e possuem papéis essenciais para subsistência do ecossistema. Observa-se a ilustração do Rio Grande do Norte de exemplares Basidiomycota: a. *Amanita* sp, de 8 cm de altura e de *Tylopilus* sp. de 9 a 15 cm de diâmetro. Segue a ilustração mostrando o Basidiomycota e *Tylopilus*:



Ilustração 5: Basidiomycota e *Tylopilus*. Fonte: Neves (2011).

Em relação aos fungos liquenizados, informa Berg (2008), que o maior grupo existentes é o da filo Ascomycota, com cerca de 32.300 espécies. Segue exemplos da Bahia, de líquens do tipo Ascomycota de (5 a 6 cm de altura) e *Phillipsia* de 2 a 3 cm de diâmetro. Segue a ilustração mostrando Ascomycota: *Xylaria* e *Phillipsia*.



Ilustração 6: Ascomycota: *Xylaria* e *Phillipsia*. Fonte: Neves, (2011).

Informa Harper (2007) que há vários grupos taxonômicos de fungos liquenizados e 27 gêneros diferentes de algas mutualísticas e há 70 mil espécies de fungos catalogados e cerca de 20 % são liquenizados. O líquen não pertence a um grupo taxonômico específico, o mesmo não tem um nome científico de espécie. Quando falamos de espécies de líquens, trata-se na verdade do nome do seu fungo.

Em uma relação ecológica mutualística bem comum a interação entre alguns fungos e algas, que formam uma ação simbiótica, formando assim outro grupo de organismos como os líquens, que são associações entre fungos e cianobactérias ou algas (HERRE; WEST, 1997). Observa-se a associação simbiótica entre fungos e algas:



Ilustração 7: Associação simbiótica entre fungos e algas. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br> (2022).

Nessa relação, observa-se que os micro-organismos fotossintetizantes promovem o fornecimento de compostos orgânicos para os fungos, enquanto os fungos fornecem um ambiente adequado para seu desenvolvimento. Ahmadjian (1967) pontua que *treuboxia*, por exemplo, é a espécie de alga mais encontrada em associações simbióticas entre fungos e algas.

Trata-se de uma relação harmônica entre espécies diferentes: fotobionte (algas) e micobionte (fungos), relação ecológica é chamada de mutualismo obrigatório ou simbiose. Ela é tão importante para os líquens que a sua sobrevivência depende dela. Assim, é benéfica para os seus integrantes. As algas são as responsáveis pela realização da fotossíntese. A partir daí ela fornece substâncias orgânicas para os fungos. Por sua vez, os fungos mantêm a umidade e desta forma protegem as algas ao impedir que elas ressequem. É assim que os líquens conseguem viver.

2.3 FUNGOS LIQUENIZADOS (LIQUENS)

Os líquens são associações simbióticas entre algas verdes e fungos ou entre cianobactérias e fungos. Mas, a expressão liquen está em desuso, pois de acordo com a literatura científica o correto a ser chamado é de fungo liquenizado. Os líquens são organismos resultantes da ação simbiótica entre um micobionte e um fotobionte, geralmente é um fungo associado com uma alga ou cianobactérias. Este processo é denominado como liquenização (MARCELLI, 2006).

Por conta da necessidade de conseguir luz para que o fotobionte realize fotossíntese, os líquens são facilmente encontrados em superfícies de troncos, rochas, muros e paredes. Eles recebem diferentes denominações de acordo com o local em que se desenvolvem: saxícolas (vivem em rochas), terrícolas (vivem sobre o solo), folícolas (vivem em folhas), muscícolas (vivem com os musgos) e cortícolas (vivem sobre as árvores) (BEGON, TOWNSEND; HARPER, 2007).

O liquen é um fungo que cultiva fotobiontes entre a hifa de seus micélios. Os líquens podem ser encontrados desde o deserto até em zonas polares. São organismos que se desenvolvem independente do clima do ambiente, diferenciando-se assim de outros vegetais (KAPPEN, 1973).

Os líquenes são formados por componentes micobiontes e fotobiontes. Aproximadamente 90% das espécies de líquens, o fotobionte é uma alga que fornece compostos de carbono ao micobionte através da fotossíntese. Esses

compostos servem de alimento tanto para o fungo como para seu próprio consumo (SCHNEIDER, 1994).

Nessa interação e associação simbiótica as algas recebem abrigo de luz excessiva e também tem a facilidade de se instituir em ambientes secos. A associação Internacional de Liquenólogos classifica o líquen como a junção de fungos com uma alga que tem como função a interação entre duas espécies na fotossíntese, que ocasiona no surgimento de uma estrutura vegetativa multicelular específica (PURVIS, 2000).

Existem cinco ordens, nas quais são constituídos por fungos liquenizados, por exemplo, a Graphidales, Gyalictales, Peltigerales, Pertusariales, Teochistales, que podem ser encontrados na natureza. (HALE, 1983).

Conforme Grosmann et al (2011), os fungos liquenizados são produtores de uma grande quantidade de substâncias biologicamente ativas, que são restritas a grupos taxonômicos e ou áreas geográficas, podem variar do preto, marrom e cinza-chumbo, que ocorrem naqueles portadores de cianobactérias, e alguns produzem substâncias coloridas, interpretadas como defesa contra o excesso de iluminação dos ambientes em que vivem, o que pode causar degradação da clorofila.

2.3.1 Aspectos tipológicos dos líquenes

Os líquens são associações simbióticas entre algas verdes e fungos ou entre cianobactérias e fungos. Dentro dos ecossistemas ocorrem em vários tipos de substratos e ambientes, podendo se desenvolver sobre troncos e ramificações de árvores (corticólicas), sobre rochas (saxícolas) ou folhas (folícolas) e sobre o solo (terrícolas) e quando junto a musgos recebem o nome de muscícolas (GROSMANN et al, 2011).

O corpo do líquen é denominado talo e varia em forma e tipos. O talo estratificado apresenta três formas de crescimento: tipo crostoso, folioso e fruticoso (KULIKOVA et al, 2011).

De maneira geral, os líquens possuem talos dos tipos esquamuloso, dimórfico filamentoso, fruticoso, crostoso e folioso os líquens podem ser definidos como uma associação simbiótica entre um fungo e uma clorófita ou então entre um fungo e uma cianobactéria (LIMA, 2011).

Líquenes fruticosos: são ramificados e possuem uma razão superfície/volume elevada, o que contribui para uma tomada e perda de água mais rápida comparativamente aos outros líquenes (HONDA, 1997). Eles se firmam ao substrato através de grampos ou pontos ao longo da ramificação, como pode ser observado na ilustração, fixados sobre córtex de árvores:



Ilustração 8: Líquenes fruticosos do gênero *Usnea* sobre córtex de árvore. Fonte: Honda (1997).

A superfície do substrato se fixa por um pequeno disco. Tem características espessas semelhantes a um arbusto e também semelhanças a uma cabeleira, podendo ser pendente ou arbustivo prendendo-se ao substrato (HALE, 1983). Observa-se na ilustração sua semelhança com uma cabeleira:



Ilustração 9: Líquenes fruticosos semelhante a uma cabeleira. Fonte: Honda (1997).

Os líquens do tipo fruticoso, os talos apresentam um desenvolvimento em três dimensões, podendo assumir formas pendentes, eretas ou prostradas, com simetria radial, em corte transversa, cilíndricos e achatados. Mais especificamente, os lobos dos talos dos líquenes fruticulosos podem ser filamentosos mais ou menos cilíndricos ou em forma de tira. Como exemplo: os gêneros *Usnea* e *Ramalina* (JAHNS, 1973).

Em alguns gêneros com em *Usnea*, existem espécies que, em climas tropicais, podem atingir vários metros de comprimento. No gênero *Cladonia*, forma-se inicialmente um talo primário e, posteriormente um talo secundário onde se desenvolvem pedúnculos que suportam os apotécios, os podécios, podendo designar-se por líquenes compostos. (WEBSTER; WEBER, 2007).

Líquens crostoso: como explana Grosmann et al (2011), se estabelece em cascas de árvores, rochas e solos, se fixando nos sedimentos através da hifa da medula, dessa maneira permanece em contato íntimo com o substrato. As ilustrações seguintes mostram este tipo de líquenes encontrados na natureza, em córtex de árvores e em rocha:

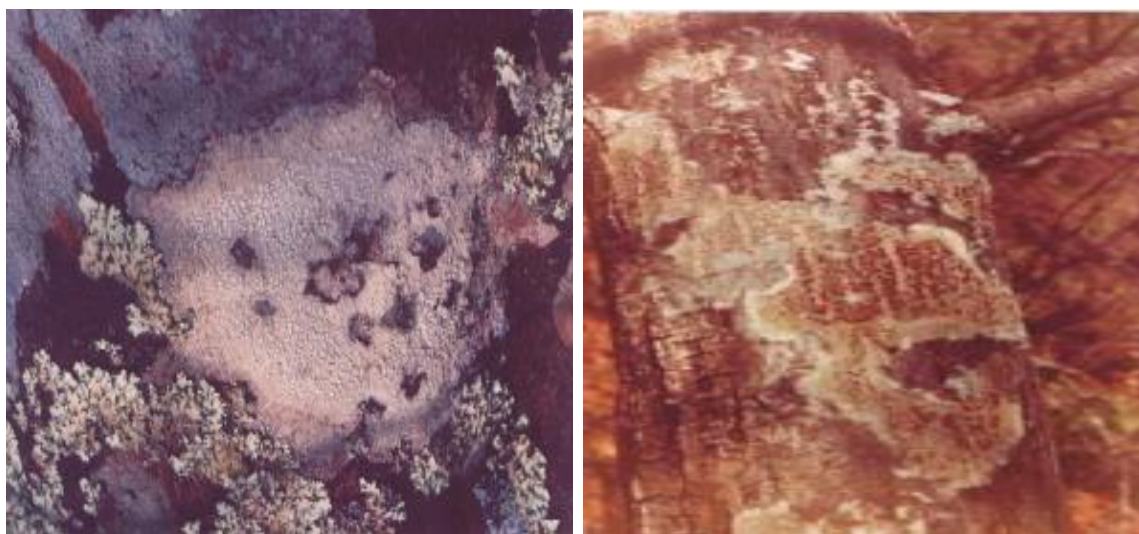


Ilustração 10: Líquenes crostosos sobre rocha e sobre córtex de árvore. Fonte Honda (1997).

Segundo Carlile et al. (2001), o talo crostoso apresenta-se intimamente ligado ao substrato pela medula e pode estar ou não bem delimitado no substrato. Neste tipo não há córtex inferior, pois, o talo esquamuloso é formado a partir de pequenos lóbulos ou escamas com cerca de 1,0 cm.

Possui a mesma estrutura do tipo folioso, com exceção da ausência de rizinas no córtex inferior. E está fixado no substrato através de uma porção central do córtex

inferior Encontram-se os líquenes mais primitivos das espécies endolíticas e endofloídais. Os líquenes creosotos são achatados e aderem firmemente no substrato, tendo o aspecto de uma crosta (BRODO, 2001). Observa-se a ilustração:



Ilustração 11: Aspecto de crosta dos líquens crostosos. Fonte: Honda (1997).

Informa Lima (2013) comenta que alguns autores ainda estabelecem mais um tipo de talo denominado dimórfico, onde o líquen passa por dois tipos de talos até chegar à forma madura, combinando-se entre os tipos crostoso-fruticoso ou esquamuloso-fruticoso, como ocorre no gênero *Normandina*. Observa-se outro exemplo de líquens crostosos:



Ilustração 12: Líquens crostosos fixados em rocha. Fonte: Honda (1997).

Líquens foliosos ou foliáceos: segundo Hale (1983), líquens do tipo folioso, além de se desenvolver em troncos de árvores, possui talos foliosos que se assemelham a uma folha. Observa-se na ilustração:



Ilustração 13: Líquens foliosos no córtex de árvore. Fonte: <https://www.todamateria.com.br> (2022).

Ele cresce de maneira horizontal. Seu crescimento é bem estruturado, o que possibilita com que seus talos se desenvolvam em vários tamanhos. Os líquenes foliosos são planos e parcialmente aderidos ao substrato (GROSMANN et al, 2011). Observa-se na ilustração:



Ilustração14: Líquens folioso. Fonte: <https://www.wilder.pt> (2022).

O talo folioso na maioria das espécies, pode ser retirado com facilidade do substrato, o mesmo apresenta camadas bem definidas (HALE, 1979). Segue

ilustração de líquenes foliosos, *Parmotrema tinctorum*, sobre córtex de árvore e *Rimelia cetrata*, sobre rocha. Segue Ilustração de Líquenes foliosos: *Parmotrema tinctorum* e *Rimelia cetrata*.



Ilustração 15: Líquenes foliosos (*Parmotrema tinctorum* e *Rimelia cetrata*). Fonte: Honda (1997).

Em observação de aspectos macroscópicos e microscópicos de talos, é notável que os líquenes foliáceos possuem talos com uma estrutura dorso-ventral que se dispõem paralelamente ao substrato ao qual se fixam através de rizinas. É neste grupo de líquenes que existe maior diversidade ao nível da dimensão do talo (GROSMANN et al, 2011).

Lima (2013) colabora com as informações pontuando que a estrutura é formada da seguinte forma: Córtex superior que funciona como uma superfície de proteção, Camada de fotobionte, Medula, com hifas frouxamente organizadas e poucas algas dispersas, Camada inferior denominada córtex inferior, o qual pode apresentar estruturas chamadas rizinas e/ou tomento, que proporcionam a aderência do talo ao substrato. No entanto, são frequentes espécies com diferenciação Heterómera do talo, quando existe uma distinção das camadas.

2.4 HISTÓRIA DA LIQUENOLOGIA

Os primeiros registros sobre líquenes datam de **378 - 286 a.C.**, com a descrição da *Usnea barbata* e *Rocella tinctoria*, quais cresciam em árvores, principalmente, de carvalho. Por volta do ano **800 d.C.**, pesquisadores checaram os

mencionados manuscritos, pontuando que as descrições se referiam a 28 espécies de líquens (KULIKOVA et al., 2011).

Outros registros indicam a utilização de líquens por povos asiáticos e mediterrâneos para curar diversas enfermidades. Chineses usavam líquenes como expectorante para o tratamento da tuberculose, por meio de chá quente, a *Usnea longissima* era utilizada para tratar úlceras, a *Xanthoria parietina*, para tratar icterícia e *Usnea filipendula* Stirt era utilizada para fortalecer os cabelos. Também no Antigo Egito, onde há registro de espécie utilizada contra doenças pulmonares. No Brasil, destaca-se a utilização de *Cladonia sanguinea* para tratamento de aftas em crianças no Estado de Minas Gerais (HALE, 1979).

Em **1683**, botânicos escoceses descreveram 56 espécies com ilustrações. Na Itália, a partir de 1686, botânicos começaram a estudar as estruturas e a forma de crescimento dos líquens, destacando as estruturas do apotécio e dos esporos, isso mesmo utilizando microscópios simples quantidades (KULIKOVA et al., 2011).

Em **1729**, a sistemática dos líquens teve início com os estudos da Botânica, com a organização de todas as espécies, conhecidas na época, dentro do grupo líquens, sendo 38 ordens separadas por características macroscópicas e da textura do talo, quando também o termo líquen foi utilizado para denominar o que se pensava na época serem musgos (KULIKOVA et al., 2011).

Em **1753**, os líquens também foram classificados em grupos separados, mas, com subdivisões com base nas características do talo e do apotécio. Em **1798** estudos com líquens questionam o modo de reprodução desses organismos. Em 1810 publicou-se um grande manual sobre líquens, período no qual os botânicos discutiram qual a melhor posição taxonômica para os líquens, colocando-os junto a algas, junto a plantas e junto a outros organismos de vida livre (LIMA, 2013).

A partir de **1825**, realizou-se estudos minuciosos sobre a morfologia, a fisiologia e a reprodução dos líquens, evidenciando o papel dos esporos na reprodução, entendendo mais tarde, que o que se pensava ser propágulos vegetativos (gonídios), era camada de algas (LIMA, 2013).

Já em **1843**, biólogos isolaram o ácido úsnico da espécie conhecida por *Usnea barbata*. Várias espécies, que produzem substâncias com propriedades antibióticas são exploradas, dentre estas, o ácido úsnico se destaca por ser encontrado em várias espécies de líquenes em quantidades (LIMA, 2013).

Na alimentação humana, substâncias, ou até mesmo parte do líquen, são utilizados na fabricação de pães através da mistura com a farinha, como é o caso de *Cladonia rangifera* e de *Lecanora esculenta*. Na indústria de perfumaria, os óleos essenciais de *Evernia*, *Parmelia* e *Ramalina* são usados como fixadores, para melhorar a duração e fixação do perfume na pele (HALE, 1961).

Em **1858**, rejeita-se a natureza dual dos líquens e em 1862, a importância das características dos esporos para classificar os líquens foi defendida, separando-se os gêneros pela coloração dos esporos e pelo tipo de septação (LIMA, 2013).

Em **1868**, o estudo dos líquens foi revolucionado com afirmação de que o “gonídia de líquens” é composto pela estrutura desorganizada do fungo, vivendo sobre a alga. Neste mesmo ano, um botânico demonstrou que o talo líquênico não se tratava de um vegetal, mas de uma simbiose complexa entre alga e fungo, teoria que não teve grande aceitação na época (LIMA, 2013).

Sugeriou-se que a relação entre o fungo e a alga não se tratava de parasitismo, mas de uma relação em que ambos se beneficiam, ou seja, uma simbiose mutualista e assim, os líquens passaram a ser classificados como fungos, isso pela primeira vez em **1873**, com reforço em **1879**. Em **1941**, John Dillen, publicou “*Historia Muscorum*”, com ilustrações, classificando os líquens como musgos, mas com proposta, em alguns aspectos, superior ao sistema de classificação anterior (KULIKOVA et al., 2011).

2.4.1 A Liquenologia no Brasil

O estudo dos Ascomycota liquenizados no Brasil país teve início com diversos pesquisadores estrangeiros. Assim, a liquenologia brasileira pode ser dividida em três grandes fases.

1808 - primeira fase: pesquisadores alemães vieram ao Brasil junto com a família real portuguesa, em expedição por vários Estados, como Rio de Janeiro, Minas Gerais e Amazonas, quando coletaram 6.500 amostras de plantas e líquens. No entanto, foram registradas apenas 12 espécies de líquens, de Minas Gerais e da Bahia.

No entanto, em **1833**, o mencionado material coletado foi trabalhado, resultando na descrição de 169 espécies, com publicação no livro *Flora Brasiliensis* de Martius Mais tarde (LIMA, 2013).

Em **1885**, Edvard Vainio, que veio ao país exclusivamente para estudar estes simbiontes, descreveu 516 espécies, sendo quase a metade novas espécies para a ciência, o que lhe rendeu o título de Pai da Liquenologia no Brasil.

Cita-se outros vários outros liquenologistas em destaque e seus períodos de pesquisa:

- O europeu J. Müller Argoviensis, entre os anos de (1877 a 1895).
- R. Spruce de (1849 a 1864).
- Auguste François Marie Glaziov (1861 a 1895).
- O botânico e ecólogo J.E.B. Warming (1863 e 1866).
- Juan Ignacio Puiggari em 1877 e E.H.G. Ule, em 1883, visitaram o Brasil até o ano de 1908 e a maior parte deste material foi enviado a pesquisadores da Europa, onde permanece até os dias atuais (LIMA, 2013).

(1909 a 1967) segunda fase da Liquenologia brasileira: poucas espécies foram descritas nesse intervalo de tempo e eram resultantes das coletas realizadas por estrangeiros (LIMA, 2013).

A chamada “Tradição Nordestina” na Liquenologia brasileira deu origem à formação de vários pesquisadores que ainda ativos na atualidade, tendo seu início com Augusto Chaves Batista, que realizou vários estudos sobre líquens foliícolas e fungos não liquenizados, dedicando-se aos microfungos, principalmente, aos fungos anamórficos. Seus estudos, com colaboradores, que registraram 137 novas espécies válidas.

Fidalgo, em **1967**, publicou um dicionário micológico em português, importante ferramenta de auxílio na taxonomia de Ascomycota e Basidiomycota (LIMA, 2013).

O terceiro período da Liquenologia no Brasil: Lauro Xavier Filho realizou estudos relacionados à Química, Taxonomia, Ecologia e Diversidade de Líquens, produzindo em **1976**, com o pesquisador Carlos Rizzini, publicou o primeiro Manual Brasileiro de Liquenologia (LIMA, 2013).

A partir deste período, diversos estudos são realizados e publicados, citando-se os estudos de Ascomycota liquenizados, os quais, na grande maioria, estão

voltados para a taxonomia de líquens, portanto, os líquens corticícolas crostosos têm sido subestimados, provavelmente, isso se deva, pela escassez de literatura e falta de pesquisadores interessados no assunto (LIMA, 2013).

Conforme a autora supracitada, pesquisas mostram que as regiões tropicais possuem a maior diversidade de líquens e biomas, como a Mata Atlântica, incluindo restingas, o cerrado e a caatinga. No entanto, percebe-se, que os estudos envolvendo a Taxonomia e a Ecologia de líquens têm se restringido ao Cerrado, formação vegetacional do tipo savana.

3 METODOLOGIA

3.1 A CONCEPÇÃO GERAL SOBRE METODOLOGIA

3.1.1 A metodologia quanto à natureza e aos objetivos da pesquisa

Neste estudo apresentado, trata-se de uma pesquisa de natureza básica, também chamada de pesquisa pura ou pesquisa fundamental, visto que, este tipo tem como finalidade o avanço e disseminação do conhecimento científico, para compreensão de fenômenos naturais ou de outro tipo, sem a necessidade de aplicabilidade prática. É um dos tipos de pesquisa mais comuns no âmbito acadêmico, principalmente em Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) (APPOLINÁRIO, 2011).

Quanto ao objetivo, a pesquisa para este TCC, tem caráter exploratório e descritivo. A pesquisa exploratória representa preparação preliminar, no intuito de compilar e entender o que há de teoria sobre o assunto. O objeto de estudo é alvo de muitas análises, a fim de identificar variáveis e obter o entendimento (SEVERINO, 2007).

A pesquisa descritiva, como o próprio nome diz, é definida como aquela que descreve uma realidade, um fenômeno e também dados científicos, sem que haja interferência do pesquisador (ANDRADE, 2010). No contexto deste TCC, a pesquisa descreve os líquenes identificados em praças da cidade de Itaituba.

3.1.2 Quanto aos procedimentos técnicos

Este trabalho conclusão de curso valeu-se da pesquisa bibliográfica e da pesquisa de campo. Uma pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de pesquisas anteriores, feitas por outros pesquisadores, já analisadas e publicadas em livros ou em revistas, incluindo artigos, monografias e dissertações disponibilizados também por meios eletrônicos.

Mais especificamente, a pesquisa bibliográfica é o levantamento ou revisão de obras publicadas sobre a teoria que irá direcionar o trabalho científico. Ela necessita dedicação, estudo e análise pelo pesquisador. Seu objetivo é reunir e analisar textos publicados, para apoiar o trabalho, se caracterizando por leitura de

livros, artigos acadêmicos, jornais ou qualquer outro material de cunho técnico ou acadêmico, com o propósito de fazer um apanhado completo sobre um determinado tema (SEVERINO, 2007). As principais consultas bibliográficas realizadas compreendem: Honda (1998), Coelho (2000), Purvis (2000), Valencia e Ceballos (2002), Harper (2007), Martins, Kaffer e Lemos (2008), Diniz (2012), Hanazaki (2013) e Bonilla (2015).

A segunda etapa deste estudo dedicou-se a uma pesquisa de campo, a qual se caracteriza por investigações somadas às pesquisas bibliográficas, por exemplo. Conforme Marconi e Lakatos (2011) consiste na observação de fatos e fenômenos como ocorrem em loco (no lugar). Esta atividade de pesquisa exige que técnicas de coleta de dados apropriadas à natureza do tema e para a análise e registro.

3.2 LOCAL DO ESTUDO

A pesquisa em campo foi realizada em quatro praças públicas do município de Itaituba, com população estimada de 101.395 habitantes (BRASIL, IBGE, 2021). Está situado na mesorregião do Sudoeste do Estado do Pará, com latitude de 04°16'34" S e longitude de 55°59'01" W.



Ilustração 16: Mapa de localização do município de Itaituba-PA. Fonte: Fonte: Google Maps (2021).

Pelo município, incidem as BR-163 e BR-230, dispondo de acesso fluvial pelo rio Tapajós e acesso aéreo pelo aeroporto regional. Posiciona-se à margem esquerda do rio Tapajós e à direita situa-se o distrito Miritituba.



Ilustração 17: Frente da cidade de Itaituba-PA. Fonte: Google Maps (2021).

Com o objetivo de encontrar líquenes, principalmente, em troncos ou córtex de árvores, foram realizadas expedições a quatro (4) das principais praças da região urbana da cidade de Itaituba-PA, sendo elas: a Praça do congresso, a Praça Celso Mateus, a Praça Jardim Aeroporto e a Praça da Orla.

3.3 QUANTO À COLETA E À ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 A fotografia como instrumento de registro dos dados

A fotografia pode ser usada como uma metodologia auxiliar na pesquisa, agregando valor ao olhar educativo, figurando como importante instrumento, associada a outros métodos, tem seu potencial é ampliado (GURAN, 2002).

Para utilizá-la parte-se da intencionalidade do pesquisador, conforme o que precisa ser demonstrado. Os aspectos técnicos precisam ser considerados: como enquadramento, profundidade e qualidade da imagem, se fazendo necessário um treino prévio com o equipamento.

Ao traçar as características principais do uso da fotografia como elemento metodológico, Vergara (2006) indica passos para o trabalho de campo: Definir o

equipamento fotográfico e os acessórios a serem utilizados em campo, coletar os dados por meio de observação simples, registrar dados do contexto sob investigação, por meio de fotografia, registrar apontamentos referentes à observação do pesquisador diário de campo, analisar e organizar os dados, organizar o texto fotoetnográfico, utilizando trechos do diário de campo e comentários do pesquisador para contextualizar a leitura das imagens e resgatar o problema que suscitou a investigação, correlacionando com os resultados obtidos e as teorias que deram suporte à investigação.

Recursos materiais: prancheta, caneta, câmera fotográfica, condução, computador, pendrive, impressora, papel A4 e data show.

3.3.2 As abordagens para a análise dos dados

Para a análise dos dados coletados trata-se de pesquisa de abordagem **quali-quanti**. Partindo-se dos apontamentos Minayo (2009), compreendeu-se que por meio da pesquisa qualitativa, busca-se compreender a complexidade de fenômeno, de forma fundamentalmente interpretativa. No entanto, ressalta-se que o distanciamento e fidelidade aos dados por parte do pesquisador é imprescindível.

As pesquisas bibliográficas, de objetivo exploratório e descritivo, geralmente, se valem deste tipo de abordagem. Ainda segundo o autor supracitado, o pesquisador analisa os dados coletados, no caso do levantamento bibliográfico realizado, bibliográfica trazendo sua compreensão e interpretação, portanto, é fundamental para a análise baseada nos preceitos da pesquisa bibliográfica.

Neste TCC, no que tange a compilação de conteúdos teóricos informativos, contou com a abordagem qualitativa para a análise dos dados sobre: a Ecologia, sobre as relações ecológicas, aspectos gerais dos líquenes, bem como, sobre o histórico evolutivo da Liquenologia.

No que diz respeito ao tipo de abordagem quantitativa, esta tem como enfoque a quantificação de resultados obtidos através da pesquisa. Esclarecem Rodrigues e Limena (2006) que a pesquisa quantitativa é um método que utiliza a quantificação nas modalidades de coleta de informações e no seu tratamento, mediante técnicas estatísticas, tais como, percentual, média, entre outros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 OS LIQUENS COMO BIOINDICADORES DE POLUIÇÃO

A principal questão norteadora do projeto monográfico compreendeu buscar apontamentos teóricos que respondessem: como os líquens figuram como bioindicadores da poluição?

O grande avanço tecnológico e a expansão das áreas urbanas influenciam nas mudanças ambientais. Entre o século XIX e XX o carvão foi o aditivo combustível essencial, poluindo o ar pela queima de elementos químicos, como chumbo, que um é considerado um metal venenoso e tóxico para os seres vivos. É um contaminante comum no ambiente devido a sua eventualidade e utilização nas indústrias química (SCHLENSOG; SCHROETER, 2001).

Conforme os processos químicos orgânicos e inorgânicos vêm se intensificando desde os séculos XIX e XX, é notório que uma boa parte dos organismos vivos não consegue expelir esses compostos (VALLERO, 2008).

Os automóveis são os principais causadores de contaminação ao ar. O chumbo presente nos aditivos dos combustíveis atua como antidetonantes, ou seja, impede a detonação dos motores a explosão. Este elemento acaba sendo lançado na atmosfera, e pode ser absorvido pelo organismo, podendo causar graves problemas à saúde. (LINHARES, 1983).

O acréscimo de veículos automotores e de indústrias aumentou significativamente a concentração de poluentes nestas áreas. Destaca-se o dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), metais pesados, oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O₃) e o nitrato de peroxiacetila (PAN) (VALENCIA; CEBALLOS, 2002).

Neste contexto dinâmico, existem organismos sensíveis aos fatores ambientais e a poluição do ar, como os líquens que são seres encontrados apenas em locais com baixo índice de poluição. Portanto, eles podem ser utilizados como bioindicadores de poluição, pois ao entrar em contato com os poluentes os mesmos perdem a sua vitalidade (MARTINS, 2008).

Apesar dos líquens serem organismos capazes de viver em ambientes inóspitos, mas são frágeis se estão exposto à poluição atmosférica no ambiente

urbano-industrial, ocasionada, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis e descargas industriais (VALENCIA; CEBALLOS, 2002).

A poluição do ar causa aos fungos liquenizados a inibição do crescimento do seu talo, dessa maneira vai ocorrer alterações tanto anatômicas como morfológicas nessas comunidades de líquens (GRIES, 1996).

Os líquens são pioneiros na colonização de rochas nuas e na sucessão ecológica em áreas naturais. Pelo fato do fungo absorver os compostos presentes na atmosfera e transmiti-los ao fotobionte na forma de compostos secundários, os líquens também possuem papel importante como bioindicadores e biomonitores da qualidade ambiental (LIMA, 2013).

Os líquens absorvem da água e do ar os nutrientes para seu desenvolvimento. Se há algum poluente no ar, ele também é absorvido pelos líquens e se aloja em suas células, podendo até ser metabolizado. Por meio de análises em laboratório e ao microscópio, o grupo conseguiu analisar as concentrações dos metais pesados e de outros elementos químicos, além de danos morfofisiológicos nesses organismos (DINIZ, 2012).

Os líquens têm sido usados, principalmente em países europeus e nos Estados Unidos, como biomonitores, em outras palavras, como termômetros de poluição do ar, da qualidade ambiental, visto que são sensíveis à poluição atmosférica, uma sensibilidade precisamente relacionada à sua biologia (TORTORA et al, 2017).

Os líquens mostram alta sensibilidade a poluentes, não somente pela diminuição da sua vitalidade, como por sintomas externos característicos. A alteração do balanço simbiótico entre o fotobionte e o micobionte pode ser evidenciada através da ruptura desta associação. Anatomicamente, os líquens não possuem estomas nem cutícula, o que significa que os gases e aerossóis podem ser absorvidos pelo talo e difundir-se rapidamente pelo tecido onde está o fotobionte. A ausência destas estruturas tampouco permite excretar as substâncias tóxicas, ou a seleção destas que são absorvidas (MARTINS-MAZZITELLI et al. 2006).

Alterações na estrutura da comunidade líquênica como frequência, cobertura, diversidade e vitalidade das espécies estão relacionadas com a concentração de poluentes na atmosfera. Dentre os efeitos que os poluentes podem ocasionar na comunidade líquênica estão à inibição do crescimento e desenvolvimento do talo,

alterações nos processos metabólicos e mudanças anatômicas e morfofisiológicas (GRIES, 1996).

O componente algáceo (fotobionte) do líquen é o primeiro a ser afetado ocorrendo o desenvolvimento das anormalidades no talo, como o branqueamento da clorofila e o desenvolvimento de áreas pardas nos cloroplastos. A clorofila se degrada em feofitina pela ação de soluções de dióxido de enxofre ainda que em baixas concentrações (SCHLENSOG; SCHROETER, 2001).

Dos diferentes métodos empregados para monitorar a qualidade do ar, o monitoramento passivo, proposto em 1970, consiste na análise das espécies vegetais existentes em determinado local onde se objetiva quer avaliar as condições atmosféricas, no caso específico, o estudo fitossociológico da micoflora liquenizada local. O método compreende levantamento de dados quanto à abundância, cobertura e frequência de cada espécie liquênica. Este método tem sido amplamente utilizado para avaliar a micota liquenizada em ambientes urbano e/ou industrial (KEFFER, 2012).

Martins, Käffer e Lemos (2008) dedicaram-se a um estudo de monitoramento passivo realizado na área de abrangência de uma usina termoeletrica, na região sul do Brasil. Os líquens foram avaliados em cinco pontos da usina, onde foi amostrado um total de 50 forófitos. Foram registrados 45 táxons, cinco destes são citados na literatura como bioindicadores da qualidade do ar.

As pesquisadoras conseguiram analisar as concentrações dos metais pesados e de outros elementos químicos, além de danos morfofisiológicos nesses organismos, por meio de análises em laboratório e ao microscópio. Foi observado como resultado que as áreas amostradas não apresentam condições adequadas para o estabelecimento e desenvolvimento da micota liquenizada, pois sofrem influência antrópica direta. As pesquisadoras afirmaram que a ocorrência de espécies tolerantes à poluição pode ser explicada pelo desaparecimento das espécies mais sensíveis, proporcionando mais espaço para o seu desenvolvimento.

Uma outra equipe de pesquisadoras brasileiras, no ano de 2011, usou duas espécies de líquens como ferramenta para avaliar a qualidade do ar da área urbana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. O estudo, divulgado 2012, avaliou as alterações causadas pela poluição na fisiologia e na morfologia de exemplares de *Parmotrema tinctorum* e de *Teloschistes exilis*. Nesses organismos, que são simbioses entre uma espécie de fungo e uma de alga, foram detectados metais

pesados como cádmio, mercúrio, zinco e chumbo, além de enxofre, resultado da queima de combustíveis fósseis e prejudiciais à saúde e ao meio ambiente (DINIZ, 2012).

O estudo da análise da qualidade do ar contou com as seguintes metodologias: duas (2) amostras de líquens foram instaladas em três bairros da cidade, presos em telas fixas, expostas por de sete (7) meses, protegidas da chuva, do sol e de vento excessivos. As duas espécies acumularam poluentes, mas a *Parmotrema tinctorum* se revelou mais eficaz para a detecção de HPAs e os outros poluentes no ar, armazenando maior quantidade de poluentes quando comparada à *Teloschistes exilis*. Por isso, a primeira foi considerada mais adequada como bioindicadora (DINIZ, 2012).

O Índice de Pureza Atmosférica (IAP), é um método qualitativo, desenvolvido em 1970 para avaliar a qualidade do ar, é empregado em muitos países. Este método foi idealizado para ser utilizados em comunidades líquênicas da Europa e dos Estados Unidos, onde a diversidade é menor, portanto. as pesquisadoras procederam adaptação do método para a realidade brasileira e do hemisfério Sul, criando o Fator de Classificação Ambiental (FCA).

Tortora (et al, 2017) informa que estima-se que existam em torno de 13.500 espécies de líquens no mundo e sendo 2.874 no Brasil. Cerca de 150 espécies habitam ambientes urbanos, sendo algumas delas resistentes à poluição. Dessa maneira, um ambiente com árvores ou postes repletos de líquens não necessariamente estão livres de poluição, pois as espécies tolerantes à poluição podem ocupar o lugar das que desaparecem devido à ação dos poluentes. Além disso, aponta Diniz (2012) que os líquens não detectam mudanças rápidas, por isso são úteis para avaliar alterações anuais no teor de poluentes ou do ambiente.

4.2 IDENTIFICANDO LIQUENES EM PRAÇAS DE ITAITUBA-PA

4.2.1 O biólogo em campo de pesquisa

É possível para um biólogo se especializar no estudo da vida vegetal e animal aquática, por exemplo, os biólogos marinhos se especializam em organismos de

água salgada, enquanto os limnologistas se especializam em organismos de água doce (BASTOS; NARDI, 2008).

Segundo os autores supracitados, em campo, é possível o uso de dispositivos manuais com software de rastreamento GPS para inserir dados observacionais e criar mapas de espécies e equipamentos de rádio-telemetria, câmeras remotas, software de banco de dados e programas de modelagem para acompanhar o movimento dos animais, e ainda, usar tranquilizantes para animais selvagens como onças ou primatas para registrar seu sexo, medidas físicas, tamanho da pata e idade, caso sua investigação se direcione a este campo.

Conforme a área de atuação de um biólogo, ele tem como tarefas: coleta de sangue, fezes e outras substâncias orgânicas deixadas pelos animais para realizar análises laboratoriais e testes genéticos, rastrear animais terrestres usando sons, impressões de patas, matéria fecal e saliva, marcar animais sedados com colares GPS ou transmissores de rádio VHF para rastrear seus movimentos, realizar censos de espécies de animais ameaçados e observam seus padrões de comportamento e interações, capturar espécies ameaçadas de extinção e as transportam para santuários da vida selvagem, reintroduzem espécimes nascidos em jardins zoológicos ou santuários de volta aos habitats selvagens (BASTOS; NARDI, 2008).

Os biólogos de campo devem manter extensos registros científicos de suas observações sob a forma de relatórios de campo, com esboços, fotografias e coletam e, conforme a investigação, amostras de plantas, insetos e animais. estar sempre preparado com informações equipamentos para condições ambientais adversas, Refletindo-se também, que muitas pesquisas envolvem riscos de acidentes como quedas, ataque de animais selvagens, infestações por parasitas, contágio de doenças por vírus ou bactérias, picadas de animais peçonhentos, desidratação, entre outros (KARLOKOSKI et al, 2018).

Partindo das ideias deste autor supracitado, compreende-se que as pesquisas em campo na área da Biologia podiam se concentrar em investigação de comportamento de animais selvagens, rastreamento e movimentos de animais aquáticos ou terrestres, florestas tropicais, de ecossistemas, das interações de plantas com o meio ambiente, na coleta de espécimes de plantas, entre outras tantas possibilidades.

O campo de pesquisa direcionado a Educação e ao Ensino de Ciências avançou muito nos últimos quarenta anos A pesquisa em ensino de Biologia vem

sendo objeto de vários estudos que se dedicam a analisar a produção acadêmica nesta área, com o objetivo de descrever, analisar e caracterizar as monografias, dissertações e teses com enfoque no ensino de Biologia, a fim de aprofundar a compreensão e a caracterização da produção do conhecimento na área (TEIXEIRA; SANTOS, 2010).

É muito bom entender as características da produção acadêmica desenvolvida nos programas de graduação em Licenciatura Plena em Biologias, bem como, outros cursos da área, no intuito de consolidar discussões nacionais sobre a da pesquisa em e Ciências. Os estudos realizados a partir da análise de produções acadêmicas se justificam no sentido de subsidiarem novas possibilidades de pesquisas (DOURADO, 2006).

O biólogo pode dedicar-se a estudar a degradação ambiental, devido principalmente ao desenvolvimento industrial e ao aquecimento global, fazendo, inclusive, recomendações às organizações ou agências governamentais, com base em suas descobertas (BASTOS; NARDI, 2008).

Partindo-se de Santos (2015), compreende-se que no ensino de Biologia, no que se refere às atividades de pesquisa de campo, reporta-se à ideia de uma estratégia de ensino em que se substitui a sala de aula por outro ambiente, onde existam condições para estudar as relações entre os seres vivos ali presentes, incluindo a interação do homem nesse espaço, explorando aspectos naturais, sociais, históricos e culturais.

Em suma, os biólogos de campo são responsáveis por realizar pesquisas registrando e analisando dados, o que leva a conclusões com base nestas análises, atuando diretamente com a natureza, sendo essencial para os avanços dos conhecimentos científicos, como por exemplo, monitoria das questões ambientais. Nessa direção, segue a apresentação e análise de dados coletados sobre líquenes, em praças na região urbana da cidade de Itaituba-Pará, um exemplo e sugestão metodológica de pesquisa de campo a ser realizada com alunos do Ensino Médio.

4.2.2 Apresentação e análise dos dados coletados

As praças urbanas da cidade de Itaituba representam áreas de lazer, normalmente utilizadas para passeios, jogos, esporadicamente, utilizadas para

exposição de produtos artesanais e também, por moradores locais para arrendamento de quiosques de alimentação. Neste sentido, conforme Viezzer et al. (2016), estudo das praças visando conhecer a vegetação existente pode subsidiar a gestão mais eficiente dos locais, compatibilizando os elementos vegetais com a infraestrutura e os usos pela população.

As praças analisadas são bem arborizadas e as árvores observadas e analisadas nas praças são: mangueiras (*Mangifera Indica*), Tamarindeiro (*Tamarindus Indica*), Cajazeira (*Spondias mombin*) e Goiabeira (*Psidium Guajava*).

De acordo com o principal fator que contribuiu para a implantação da arborização urbana é o embelezamento que esta proporciona, resultando em uma linda paisagem construída. As árvores, os arbustos e outras plantas menores e no seu conjunto constituem elementos da estrutura urbana. Além de ser um serviço público, a arborização urbana é um patrimônio que deve ser conhecido e conservado para as futuras gerações, pois traz muitos benefícios ao homem, além de preservar a fauna silvestre (SILVA, 2008).

Praça do Congresso - localizada na Avenida Nova de Santana, no centro da cidade. Uma praça é considerada um símbolo da sociabilidade na paisagem urbana, desempenhando funções importantes para as cidades e a população, por meio de aspectos ecológicos, sociais, históricos, culturais e de identidade e dentre os elementos que promovem tais benefícios está a vegetação (VIEZZER et al., 2016).



Ilustração 18: Foto da Praça do Congresso. Itaituba- PA. Fonte: <https://www.google.com> (2022).

. Na praça do Congresso, foram identificados, em córtex de árvore, líquens do tipo talo folioso lobado, *Parmotrema tinctorum*, pertencentes a família de Parmeliaceae. Os organismos encontrados foram fotografados para comprovação da análise quanto a sua tipologia.

Esse tipo de líquenes, pertencentes a este gênero e espécie, são bem comuns em árvores brasileiras, frequentemente encontrados sobre troncos de árvores no Brasil. A identificação como líquen foliosos partiu da constatação de suas característica: assemelha-se as folhas das árvores, normalmente crescem de forma horizontal e são encontrados em cortex de árvores. Ressalta-se que, as chuvas que tem caído na cidade ultimamente, umideceram as células do micobionte deixando a cor verde do fotobionte mais nitida, portanto, tornando esses organismos mais bonitos e visíveis. Segue as fotos:

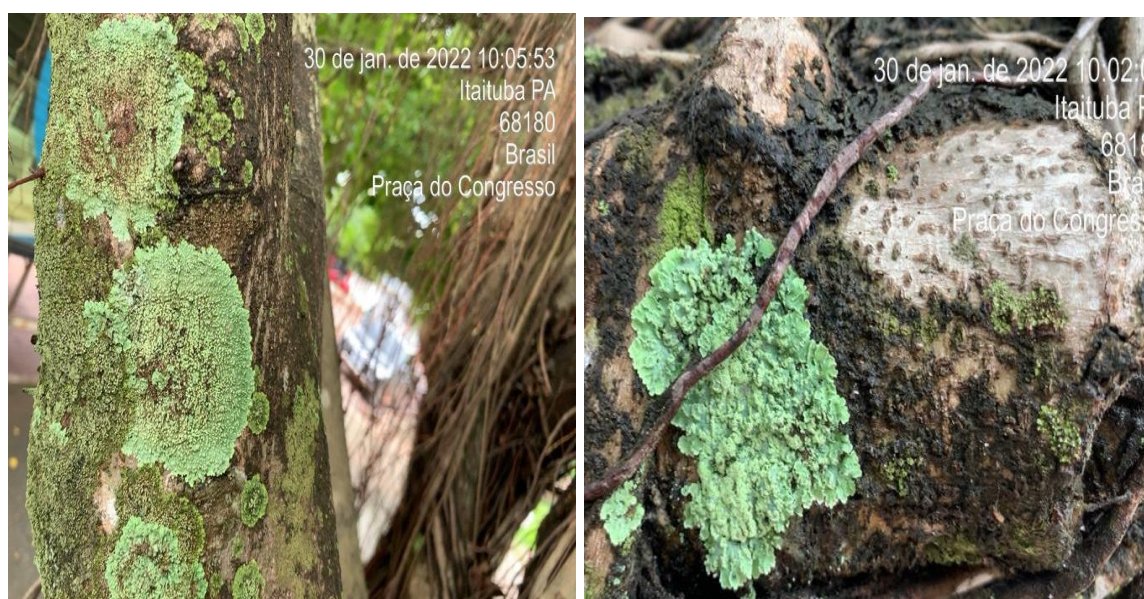


Ilustração 19: Foto de Líquens foliosos na Praça do Congresso (ITB-PA). Fonte: Fernandes (2022).

Parmotrema tinctorum, pertencentes à família de Parmeliaceae, conforme Benatti (2013) é caracterizado pelos talos foliosos com lóbulos em geral largo, e de ápices arredondados, sem pseudocifelas, com uma zona marginal inferior nua ou rizinada, rizinhas normalmente simples, havendo espécies ciliadas e eciliadas, com ou sem isídios, sorédios, lóbulos ou pústulas, e pelos típicos ascósporos elipsóides hialinos. Deste tipo encontrado na Praça do Congresso, há mais de 300 espécies conhecidas mundialmente, das quais, mais de 90 espécies, em torno de um terço, são se encontram no Brasil.

Há vários estudos filogenéticos atestando Parmeliaceae já com cerca de 75% das espécies descritas nesta família. Caracteriza-se por possuir talos principalmente foliosos, com rizinas na superfície inferior, apotécios laminais, ascos do tipo Lecanora e ascósporos simples e hialinos (LIMA, 2012).



Ilustração 20: Líquens encontrados em córtex da árvore de tamarindo. Fonte: Fernandes (2022).

É possível distinguir os tipos de micobiota liquenica através da observação externa do seu talo liquenico. Foi possível encontrar espécies de líquens tanto crostoso, como foliosos no mesmo córtex de árvore, conforme a fotografia acima demonstra.

Praça Celso Mateus: está localizada na Avenida Brigadeiro Haroldo Veloso, no Bairro Boa Esperança. A pesquisa de campo neta praça ocorreu no dia 30 de janeiro de 2022, com início às 16:15h e término as 18:00 horas.



Ilustração 26: Foto da praça Celso Mateus (ITB-PA). Fonte: <https://www.giroportal.com.br> (2019).

Foram fotografadas e analisadas 07 (sete) árvores, de mangueiras (*Mangifera Indica*). Estas árvores, nesta praça, fazem a alegria das crianças quando carregadas de frutos. Simões (2019) informa peculiaridades das mangueiras:

- Antioxidante, antialérgica, anti-inflamatória, antidiabética, antiviral, antifúngica, antibactericida e antiparasítica.
- Contém alta quantidade de ferro, portanto, seu fruto é indicado para tratamentos de anemia, bem como, benéfica para as mulheres grávidas e em períodos de menstruação.
- Por conta das altas concentrações de potássio e magnésio, pode beneficiar quem sofrem de acidose e quem sofre de câimbras, *stress* e problemas cardíacos.
- Utilizada em afecções pulmonares (bronquite asmática, bronquite catarral e tosse), gengivas inflamadas (gengivites, feridas na boca e no canto dos lábios). Úlcera de decúbito (escaras), úlceras varicosas.

- Seu fruto representa uma rica fonte de fibras, vitamina A e C.
- Na Índia, acredita-se que as mangas podem estancar hemorragia, fortalecer o coração e trazer benefícios ao cérebro.

Nas mangueiras da referida praça constatou-se a presença de líquenes foliosos e crostosos. Os líquenes do tipo talo folioso identificados são pertencentes a *Parmotrema tinctorum*, da família de Parmeliaceae. Segue a foto:



Ilustração 27: Líquen do tipo folioso, na praça Celso Mateus (ITB-PA). Fonte: Fernandes (2022).

Observa-se que a anatomia do talo folioso apresenta, geralmente, um córtex superior recobrindo uma camada composta pelos fotobiontes e hifas frouxamente organizadas; abaixo, encontra-se uma camada densa constituída exclusivamente do componente fúngico: a medula. Dependendo do talo, pode haver ou não um córtex recobrindo a parte de baixo (HALE, 1979).

Frequentemente, o talo é dividido em lobos e ou lacínias, que apresentam diferentes graus de ramificação. A sua superfície pode apresentar diferentes texturas, variando de lisa a rugosa ou escrobiculada, assim como máculas, que são descolorações que revelam locais onde há descontinuidade da camada de algas. Dependendo da espécie ou gênero, nas margens do talo podem surgir estruturas filiformes, chamadas cílios (HALE, 1983).

Outras características, como a presença ou ausência de estruturas como pseudocifelas (aberturas do córtex que expõem as hifas da medula, provavelmente facilitando trocas gasosas como ambiente no córtex) são importantes para a identificação de gêneros (MARCELLI, 2005).

Na Praça Celso Mateus também foram identificados líquenes do tipo *talo crostoso*, conforme já mencionado, cujos talos crescem em forma dorsiventral, e que se aderem ao substrato. Segue a foto:



Ilustração 28: Líquen *crostoso* na praça Celso Mateus (ITB-PA). Fernandes (2022).

Os líquenes crostosos identificados pertencentes a espécie *Caloplaca*, uma da família *Teloschitaceae*, descrita cientificamente, pela primeira vez em 2011 (LIMA, 2012). Este tipo, normalmente é achatado e difícil para arrancar com a mão.

Praça Jardim Aeroporto: foi a terceira praça a ser analisada, localizada no município de Itaituba, PA, na Rodovia BR-230, Rodovia Transamazônica, Km. 04, S/N.



Ilustração 29: Praça Jardim Aeroporto (ITB-PA). Fonte: <https://www.google.com> (2022).

A saída a campo, ocorreu no dia 04 de fevereiro de 2022, por volta das 15:00h da tarde com o término às 16:30 horas.

Nesta praça há grande arborização de jameiros (*Syzygium jambos*), portanto, vale ressaltar, conforme o autor supracitado, que um dos fatores importantes referentes à vegetação é a área verde urbana, o que visto é fundamental para a qualidade de vida dos habitantes da cidade.

As áreas verdes assumem um papel importante nas cidades com relação à qualidade ambiental, servindo de equilíbrio entre a vida urbana e o meio ambiente, ao serem utilizadas e preservadas para este fim. Também são fundamentais para recreação e o lazer da população (DUARTE et al, 2017). Portanto, compreende-se

que a arborização urbana é considerada um indicador na avaliação da qualidade ambiental, sendo obrigatória por lei, visto que a falta desse espaço adequado para o lazer prejudica a qualidade de vida da população.

Na Praça Jardim Aeroporto, foram encontrados líquenes do tipo talo piquenico crostoso, *Diploicia canencens*, em tronco de jambeiro (*Syzygium jambos*) e encontrado em córtex de mangueiras (*Mangifera Indica*). Conforme a foto:



Ilustração 30: Líquenes crostosos na praça Jardim Aeroporto (ITB-PA). Fonte: Fernandes (2022).

Este tipo encontrado na Praça Jardim Aeroporto, tratam-se de Líquenes em forma de roseta, semelhante a uma crosta, bastante fixo ao substrato. Conforme Ahmadjian (1967) neste tipo, o talo é branco acinzentado e quanto ao substrato, é uma espécie principalmente epífita, existindo em troncos e ramos de árvores, e por vezes saxícola, presente em rochas e muros. Estes líquens é uma espécie generalista que se desenvolve em diferentes condições de habitat e de qualidade do ar, portanto, é tolerante à poluição atmosférica.

Conforme Braz e Longo (2021) muitas pessoas veem nos troncos das árvores uma espécie de crosta que apresenta uma coloração diferente, acreditam que se trata de parasitas que podem matar as plantas. Na verdade, são os líquens, conforme já informado neste estudo, associações simbióticas de mutualismos entre fungos e algas, encontrados em locais como superfícies de rochas, folhas, solo e outros lugares.

Praça da Orla: localizada na Avenida Getúlio Vargas, localizada na orla da cidade (na frente da margem do rio Tapajós). A chegada ao campo ocorreu no dia 07 de fevereiro de 2022, 16:00 horas e término as 17:30 horas.



Ilustração 24: Praça da Orla (ITB-PA). Fonte: <https://www.facebook.com> (2022).

Foi possível analisar e fotografar 12 árvores frutíferas, as mangueiras, também chamadas de manguito, manguinha, manga. Vale comentar que em áreas centrais de núcleos urbanos, os únicos substratos disponíveis para o desenvolvimento de líquens são as árvores, utilizadas em arborização urbana. Sendo assim, pode-se dizer que a arborização urbana passa a ser vista como elemento natural reformulador do espaço urbano, no qual aproxima as condições ambientais normais com o meio urbano (BRAGA et al, 2021).

Segundo Simões (2019), as mangueiras são originárias da Índia e do sudeste da Ásia. Pertencem a família Anacardiaceae. Seus domínios Fitogeográficos compreendem: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Quanto a ocorrências de distribuição Geográfica: Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina).

Um dos líquens encontrados nas mangueiras foi do tipo crostoso crustáceo, Líquens pó-de-ouro (*Chrysothrix candelaris*). Este é uns líquens que vive em tronco

das árvores. Conforme os esclarecimentos de Santos (2012), seu talo é tipo crustáceo leprarioso, disperso irregularmente, constituído por pequenos grânulos globosos (até 0,1mm). Cor amarelo vivo, com entoações alaranjadas ou esverdeadas, sorediado. Apotécios raros. Segue a foto:



Ilustração 25: Liqueenes Crustáceos. Fonte: Fernandes (2022).

Habitat/Ecologia: Espécie epifítica, presente normalmente nas zonas secas e sombrias dos troncos das árvores.

Período mais favorável à observação: Durante o ano todo.

Sensibilidade à poluição atmosférica: tolerante. Comum nas cidades (SANTOS, 2012).

Normalmente esse é um dos líquenes com mais tolerância a fatores ambientais, como a poluição, podendo ser encontrados em diversos habitats, desde o deserto até montanhas.

5 CONCLUSÃO

Por meio dos materiais bibliográficos utilizados, adquiriu-se conhecimentos teóricos que informaram que os fungos liquenizados fazem parte da dinâmica denominada relação ecológica. Tratam-se de organismos considerados muito importantes para a cadeia alimentar, pois fazem parte de uma associação simbiótica mutualística entre fungos e algas, assim ajudando na decomposição dos organismos e também, desempenhando o papel essencial como colonizadores pioneiros do habitat, facilitando o desenvolvimento de outras espécies. Além disso, na medida em que produzem ácidos orgânicos que consomem rochas, eles progressivamente beneficiam a boa formação do solo, isso porque, produzem sais minerais.

Verificou-se que os líquenes são extremamente sensíveis a alterações e poluição ambientais, razão pela qual são os melhores bioindicadores conhecidos. A presença de líquenes em um ambiente sugere baixo índice de poluição, enquanto seu desaparecimento sugere agravamento da poluição ambiental. Eles são considerados pioneiros porque são os primeiros organismos descobertos em certas regiões, onde as condições ambientais são melhoradas a partir da sua presença, propiciando um melhor desenvolvimento para espécies posteriores.

Compreende-se, então, que se houver algum poluente no ar, este será absorvido pelos líquenes, que não são capazes de suportar a poluição, pelo fato de sobreviverem apenas em locais que estejam em bom estado ambiental, o que faz com que eles sejam considerados bioindicadores de saúde ambiental, sendo muito utilizados em programas de monitoramento da qualidade do ar nas cidades brasileiras, bem como, em muitos outros países.

Portanto, sua presença identificada nas árvores das principais praças da zona urbana do município de Itaituba, no Estado do Pará, sendo elas: Praça do Congresso, Praça Celso Mateus, Praça Jardim Aeroporto e a Praça da Orla, representa indicação de boa qualidade ambiental, quanto à poluição atmosférica.

A disciplina de Biologia no Ensino Médio, por exemplo, amplia entendimentos e contribui para a formação da cidadania atuante. Nesse sentido, o trabalho de pesquisa de campo, é metodologia diferenciada do cotidiano da sala de aula, sendo fundamental para relacionar a teoria e a prática.

REFERÊNCIAS

- AHMADJIAN, V. **The Lichen Symbiosis**. USA: Blaisdell Publishing Company, 1967.
- ANDRADE, M. M. **Introdução á Metodologia do trabalho científico**. 10. ed. -São Paulo: Atlas, 2010.
- APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2011.
- ARAGUAIA, M. **Relações ecológicas**. Brasil Escola. Disponível em <http://www.brasilecola.uol.com.br/biologia/relacoes-ecologicas.htm>. Acesso em 17 de maio de 2021.
- BASTOS, F.; NARDI, R. **Formação de professores e práticas pedagógicas no ensino de ciências: contribuições da pesquisa na área**. 1ª edição. São Paulo: Escrituras, 2008.
- BARSANTI, L.; GUALTIERI, P. **Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006. 303 p. ISBN 0-8493-1467-4.
- BEGON, M. [et al.]. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas** – 4 ed. Porto Alegre: Arned, 2007.
- BERG, L. **Introductory Botany: Plants, People, and the Enviroment**. 2. ed. Belmont, CA: Thomson, 2008. 622 p.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Introdução: As algas do Brasil**. In: Forzza, R.C. (org., et al) . Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Vol. 1. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/z3529/pdf/forzza-9788560035083.pdf> Acesso em mai. 2022.
- BIZZO, N. **Novas bases da Biologia: seres vivos e comunidades**. São Paulo: Ática, 2011.
- BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. **Fundamentos em ecologia**. – 2. ed. – Fortaleza: EdUECE, 2015.
- BRAGA 2021 BRAGA, M. D., et al. (2021). **Parques Urbanos: Análise temporal do Parque Municipal Milton Prates Em Montes Claros/MG**. Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade, 3(02), 200-216. Disponível em: <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520212200216>. Acesso em: jul. de 2022.
- BRASIL, IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2021. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em mai. 2022.
- BRAZ, S. N., & LONGO, R. M. (2021). **Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica**. Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.24220/2675-7885v2e2021a5198>. Acesso em jul de 2022.

BRODO, I.M. (et al). **Lichens of North America**. Yale University Press. New Haven and London. 795 p. 2001.

CAIN, M. L.; BOWMAN, A. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed. 2011.

CARLILE, M..J.,(et al).**The fungi. (O fungo)**. 2 Edition. Academs press. 2001.

CÉSAR, S J. ; SEZAR, N. S.; CALDINI, C. **Biologia. Suplementado pelo manual do professor**. Volume 2. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 388 páginas.

COELHO, R.M.P. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre. Artmed, 2000.

DINIZ, I. N. **Líquens como bioindicadores de poluição atmosférica em Porto Alegre**. 2012. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br>. Acesso em mai. de 2022.

DOURADO, L. **O trabalho de campo na formação inicial de professores de biologia e geologia** . Boletín das Ciencias, v. 19, n. 61, p. 1-17, 2006.

DUARTE, T. E., et al.. **O Papel da Cobertura vegetal nos ambientes urbanos e sua influência na qualidade de vida nas cidades**. Desenvolvimento em Questão, 15(40), (2017). Disponível em: .175-203.doi:10.21527/2237-6453.2017.40.175- 203. Acesso em jul. de 2022.

GURAN, M. **Linguagem fotográfica e informação**. Rio de Janeiro: Gama, 2002.

GUERRA, R. A. T. (et al). **Cadernos Cb Virtual 2** UFPB/BC. João Pessoa: Ed. Universitária, 2011. 610 p.: II. Disponível em: <http://portal.virtual.ufpb.br>. Acesso em mai. de 2022.

GRIES, G. **Lichens as indicators of air pollution**. 1996. In: T.H. Nash (ed.). Lichen Biology. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 240-254.

GRINNEL, J. (1917) **Field Test Of The Theories Concerning Distributional Control**. American Naturalist, 51:115-128.

GROENING, G. **About the professional reach of garden culture and open space development in Germany**. GEOUSP, 9, São Paulo: DG-FFLCH-USP, 2001, pp. 163-171.

GROSMANN, A. F. (et al). **Composição e diversidade de líquens em três diferentes áreas no “Mato do Silva”, Chiapetta, RS**. 2011. SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica. Disponível em: [file:///D:/Users/Usuario/Downloads/16632-Texto%20do%20artigo-49605-3763-2-20191029%20\(1\).pdf](file:///D:/Users/Usuario/Downloads/16632-Texto%20do%20artigo-49605-3763-2-20191029%20(1).pdf). Acesso em ju.l de 2022.

HALE, M.E. **How to know the lichens**. 2nd edition. Smithsonian Institution. 1979.

HALE, Jr. M. E. **The Biology of Lichens**. 3rd. ed. Baltimore, Edward Arnold, 190 p, 1983.

HANAZAKI, N. et al. **Introdução à Ecologia**. 2. ed. e 1. Reimp. – Florianópolis: biologia/ead/UFSC, 2013.

HARPER, J.L. (et al). **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4^a ed. Artmed, Porto Alegre, 2007.

HERRE, E.A.; WEST, S.A. **Conflict of interest in a mutualismo: documenting the elusive fig wasp-seed trade-off**. (1997). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 264, 1501-1507.

HOEFLE, [S. W.](#) **Políticas de conservação ambiental e de identidade étnica no século XXI: perspectivas da ecologia crítica, da história ambiental e da ontologia relacional**. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352830886>. Acesso em mai. de 2022.

HONDA, N.K.. **A química dos líquens**. *Química Nova* 21(06), 1-16. 1998.

HUTCHINSON, G.E. (1957) **Concluding remarks**. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology*, 22:415-427.

JAHNS, H. M. **Anatomy, Morphology and Development**. In. *The Lichens*. Ahmadjian, V. & Hale, M.E., Academic Press, New York, 1973.

KAPPEN, L. **Response to Extreme Environments**. In. *The Lichens* .Ahmadjian, V., & Hale, M. E. Academic Press, New York, 1973.

KARLOKOSKI, A. (et al). **Ciência em prática: curso de campo, formação docente e incentivo à pesquisa**. Múltiplos discursos, práticas e políticas da educação *Revista Communitas*. v. 2, n. 3 (2018). Disponível em: [file:///D:/Users/Usuario/Downloads/1824-Texto%20do%20artigo-4362-1-10-20180711%20\(1\).pdf](file:///D:/Users/Usuario/Downloads/1824-Texto%20do%20artigo-4362-1-10-20180711%20(1).pdf). Acesso em jun. de 2021.

KEFFER, M. I. et al. **Use of bioindicators to evaluate air quality and genotoxic compounds in an urban environment in Southern Brazil**. *Environmental Pollution*. V. 163 p. 24-31 jan 2012. LAY-ANG (2017).

KULIKOVA, N.N. (et al.). **Geologic and Biogeochemical Role of Crustose Aquatic Lichens in Lake Baikal**. *Geochemistry*. Vol. 49, No. 1, p. 66–75. (2011).

LEE, R.E. 2008. **Phycology**. Cambridge: University Press. Disponível em: <https://books.google.com.br>. Acesso em 07 de mar. de 2022.

LIMA, E. L. **Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de caatinga no estado de Pernambuco**. Recife, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br.pdf>. Acesso em jul de 2022.

LIMA, A. C. G. **Espécies de fungos liquenizados parmelioides (Parmeliaceae Ascomycota) em costões rochosos na planície costeira dos Estados do Paraná e Santa Catarina**. 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br>. Acesso em jul. de 2022.

LINHARES, S V. **Ecologia: 2º grau I.** – 3. Ed. – São Paulo: Ática, 1983.

LONDE, P. R. **A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 10(18), 264. (2014). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/26487>. Acesso em jul. de 2022.

MARCELLI, M.P. **Biodiversity assessment in lichenized fungi: the necessary naive roll makers.** In: C.E.M. Bicudo & N.A. Menezes (eds.). *A first approach*. CNPq, São Paulo. 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos.** 7. ed. 6. reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

MARGULIS, L. E.; SCHWARTZ, K. V. **Cinco reinos: um guia ilustrado dos filos da vida na terra.** 3ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2001.

MARTINS-MAZZITELLI, S.M. R. **Utilização de líquens no biomonitoramento da qualidade do ar.** In: L. Xavier Filho, M.E. Legaz, C.V. Córdoba & Pereira, E.C. (eds.). *Biologia de Líquens*. v. 3, 4 ed. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, pp. 101-133. 2006.

MARTINS, S. M. A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. **Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrônica, Rio Grande do Sul, Brasil.** Hoehnea [online]. 2008, v. 35, n. 3. pp. 425-433. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062008000300011>. Acesso em set. 2021.

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MOREIRA, C., **Espécie.** Revista de Ciência Elementar. 2014. V2 (2):145. Disponível em: <http://www.doi.org/10.24927/rce2014.145>. Acesso em 01 de Agosto de 2021.

NEVES, M. A.. **Ciências Biológicas: Cadernos CB Virtual**, Ed. Universitária, João Pessoa-PB, 2011.

NUCCI, J. C. **Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem.** Revista Eletrônica Geografar, Curitiba, v. 2, n. 1, p.77-99, jan./jun. 2007. Disponível em: www.ser.ufpr.br/geografar. Acesso em mai. de 2022.

ODUM, E. P. 1913 – **Ecologia.** Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

PEREIRA, A. B.; PUTZKE, J. **Proposta metodológica para o ensino de botânica e ecologia.** 1ª edição. Porto Alegre: Sagra, 1996.

PIANKA, E. R. **Ecologia evolutiva.** Barcelona: Omega, 1982. 365p.

PURVIS, O.W. 2000. **Lichens.** London, The NaturalHistory Museum, 2000.

RAVEN, H.P.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5 ed. . Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan. (1996).

RICHARDSON, D.S.H. **Medicinal An Other Economic Aspects Of Lichens**. In. CRC Handbook of Lichenology, V.III. Galun, M. (ed.) CRC Press, Boca Raton, 1988.

RIBAS, E. C., Junior, J. R. S. M., Lopes, I. J. C., Trafficante, D. P., & Fonseca, R. C. B. (2021). **Influência da Arborização na riqueza e composição de aves em parque Linear Urbano “Pedrinho Sansão” no Município de Botucatu, SP**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 16(3), 1-15. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v16i3.81982>. Acesso em jul. de 2022.

RIOS, T. A. **A ética na pesquisa e a epistemologia do pesquisador**. Psicologia em Revista, Belo Horizonte, v. 12, n. 19, p. 80-86, out. 2006.

RODRIGUES, M.L.; LIMENA, M. M. C. (Orgs.). **Metodologias multidimensionais em Ciências Humanas**. Brasília: Líber Livros Editora, 2006. 175

SADAVA, D. **Vida: A Ciência da Biologia**. Porto Alegre: Artmed. 2009.

SANTOS, E. R. D. **Material Complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020.pdf>. Acesso em 03 de setembro de 2021.

SANTOS, Janaína maria Gonçalves. **Diversidade de líquens em leguminosas da reserva biológica de Mogi-Guaçu, SP**. UNESP. Botucatu, SP. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br>. Acesso em jul. de 2022.

SANTOS, S. R. **Atividade de campo no ensino de Biologia**. 2015. Disponível em: <https://www.even3.com.br>. Acesso em jun. de 2022.

SANTOS, V. S. Mutualismo. 2021. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br>. Acesso em 09 de julho de 2022.

SCHNEIDER, A. **A Guide To The Study Of Lichens**. 1994. 2nd. Edition.

SCHLENSOG, M. & Schroeter, B. **A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens and bryophytes**. The Lichenologist 33: 443- 452. 2001.

SCHNEIDEMESSER, E. V. (et al). **Air Pollution At Human Scales In An Urban Environment: Impact Of Local Environment And Vehicles On Particle Number Concentrations**. Science of the Total Environment, [S. I.], p. 691-700. 2019.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SIMÕES, W. L. 2019. **Produção e qualidade da mangueira ‘Kent’ (Mangifera indica L.) submetida a diferentes lâminas de irrigação no semiárido nordestino**. Disponível em: <https://uenf.br/projetos/arvoresdauenf/especie-2/mangueira>. Acesso em jul. de 2022.

SILVA, B. M. O. (et al). **Diversidade de fungos liquenizados da família parmeliaceae coletados em um levantamento “relâmpago” em Lorena, SP.** 2016. Disponível em: <https://revista.univap.br>. Acesso em jul. de 2022.

SILVA, L. M. (2008). **Reflexões sobre a identidade arbórea das cidades.** Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 3(3), 65-71. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v3i3.66368>. Acesso em jul. de 2022.

TEIXEIRA, P. M. M.; SANTOS, M. C. S. **A pesquisa em ensino de biologia no Brasil: um recorte sobre as dissertações e teses que examinam recursos didáticos.** Revista da SBEnBIO, Fortaleza, v. 1, p. 424-434, nov. 2010.

TORTORA, G. J. **Microbiologia.** Editora : Artmed; 12ª edição. 2017.

VALENCIA, M.C. & CEBALLOS, J.A. **Hongos liquenizados.** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2002.

VALLERO, D. **Fundamentals of Air Pollution.** 4. ed. [S. l.]: Elsevier, 2008.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VIEZZER; J.; MARTINI, A.; BIONDI, D. **Diagnóstico da arborização da Avenida Padre Natal Pigatto em Campo Largo - PR.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1251-1262, 2014.

WEBSTER, J. **Introduction to Fungi.** 3rd edition. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.